

LUÍS CARLOS FERREIRA BUENO

**CONCEITOS E FERRAMENTAS DE APOIO AO
APERFEIÇOAMENTO DO DESEMPENHO DE
HEURÍSTICAS DE JOGOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador/Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne / Prof. Dr. André Guedes

CURITIBA

2008

LUÍS CARLOS FERREIRA BUENO

**CONCEITOS E FERRAMENTAS DE APOIO AO
APERFEIÇOAMENTO DO DESEMPENHO DE
HEURÍSTICAS DE JOGOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador/Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne / Prof. Dr. André Guedes

CURITIBA

2008

LUÍS CARLOS FERREIRA BUENO

**CONCEITOS E FERRAMENTAS DE APOIO AO
APERFEIÇOAMENTO DO DESEMPENHO DE
HEURÍSTICAS DE JOGOS**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de
Mestre no Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador/Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne / Prof. Dr. André
Guedes

Departamento de Informática, UFPR

Prof. Dr. Hélio Pedrini

Departamento de Informática, UFPR

Prof. Dr. Robinson Vida Noronha

Departamento de Eletrônica, UTFPR

Curitiba, 30 de junho de 2008

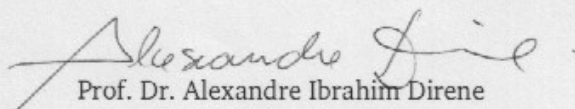


Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Exatas
Programa de Pós-graduação em Informática

PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática, do aluno Luis Carlos Ferreira Bueno, avaliamos o trabalho intitulado, "*CONCEITOS E FERRAMENTAS DE APOIO AO APERFEIÇOAMENTO DE DESEMPENHO DE HEURÍSTICAS DE JOGOS*", cuja defesa foi realizada no dia 30 de junho de 2008, às 17:30 horas, no Auditório do Departamento de Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela aprovação do candidato.

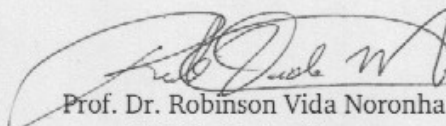
Curitiba, 30 de junho de 2008.



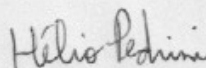
Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
DINF/UFPR – Orientador



Prof. Dr. André Luiz Pires Guedes
DINF/UFPR – Co-orientador



Prof. Dr. Robinson Vida Noronha
UTFPR – Membro Externo



Prof. Dr. Hélio Pedrini
DINF/UFPR – Membro Interno



AGRADECIMENTOS

Depois de longos dois anos e meio, está concluída uma importante etapa da vida acadêmica, de formação profissional e de crescimento pessoal. Entretanto este mérito não é apenas meu, sendo assim, neste pouco espaço de uma página quero expressar minha gratidão a cada um daqueles que fizeram parte desta conquista.

Primeiramente, agradeço ao Senhor Jesus Cristo, o Mestre dos Mestres, por ter me fortalecido em meu espírito para prosseguir e por ter me abençoado grandemente, especialmente nos últimos sessenta dias, a reta final deste trabalho. Sem a sua pessoa nada teria conseguido fazer. Creio que Ele colocou as pessoas certas ao meu lado e sobre mim nesta etapa da minha vida.

Em segundo lugar quero expressar minha gratidão ao grande Professor e Doutor Alexandre Ibrahim Direne. Sua resposta imediata e sempre incansável a todos os meus emails; por sua dedicação em corrigir meus erros e seu direcionamento firme e magnífico durante este trabalho. Agradeço-lhe profundamente pelo ânimo que me deu nos momentos em que me encontrei abatido por problemas de saúde e acidentes pessoais. Muitíssimo obrigado.

Também agradeço ao Professor Doutor André L. P. Guedes, meu co-orientador. Suas idéias foram muito importantes para a condução da pesquisa e do desenvolvimento deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos professores Fabiano Silva, Luis Bona, Laura García, Marcos Castilho, Marcos Sunye pelo empenho e revisão do artigo, fruto deste trabalho de mestrado, o qual foi aceito no WIE-2008. Muito obrigado.

Agradeço aos especialistas de xadrez Prof. Neuri Lunelli (UTFPR-Campus Pato Branco), Sr. Wilson Silva e Sr. Jaime Sunye, pelo apoio na avaliação dos tabuleiros que foram usados para testar a ferramenta HeuChess+.

Marisângela Pacheco Brittes, obrigado pelo apoio e amizade, e por ter me suportado durante aqueles meses em que estava fazendo os créditos. Por ter cedido um espaço para o meu computador no teu escritório empresarial. Valeu !

Quase acabando, mas igualmente importante, Paulo R. Bueno, querido irmão, e Leda, minha cunhada: vocês são pessoas amadas que Deus colocou na minha vida. Obrigado pelo apoio, pela hospitalidade e carinho demonstrado a mim. Que Deus os abençoe ricamente.

Beatriz minha amada esposa e Laura Eliza, minha única e preferida filha, obrigado pela companhia, pelo carinho, pela paciência quando meu nível de *stress* ficou elevado. Obrigado porque vocês aguardaram com paciência os longos períodos que estive fora e o término deste trabalho. Obrigado pelo incentivo. Vocês são presentes de Deus para mim.

Finalmente, aos demais que não citei, por falta de espaço ou até lembrança, mas que de alguma maneira participaram desta conquista meu muitíssimo obrigado.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
---------------	------------

ABSTRACT	viii
-----------------	-------------

1 INTRODUÇÃO	1
---------------------	----------

1.1 Definição do problema	1
1.2 Contexto da proposta	2
1.3 Objetivo geral	3
1.4 Objetivos específicos	3
1.5 Estrutura de capítulos	4

2 RESENHA LITERÁRIA	6
----------------------------	----------

2.1 Linguagens e Ferramentas de Autoria	6
2.2 Alternância entre Colaboração e Competição	10
2.2.1 O aprendizado colaborativo	10
2.2.2 O aprendizado competitivo	13
2.2.3 A alternância da Colaboração e Competição	15
2.2.4 Considerações finais	18
2.3 Visualização do Conhecimento Heurístico	19
2.3.1 Representação externa do conhecimento	19
2.3.2 Múltiplas representações externas	20
2.3.3 Representações externas do conhecimento heurístico	21
2.4 Avaliação comparativa de funções heurísticas em problemas de busca	22
2.5 Considerações finais	23

3 CONCEITOS ADOTADOS NA SOLUÇÃO	24
--	-----------

3.1 Conceitos lógico-matemáticos e estatísticos	24
3.1.1 Aspectos lógicos	26

3.1.2	Erros e acertos táticos	27
3.1.3	Correlação de escalas de Kendall	30
3.1.3.1	Definição aplicada	30
3.1.3.2	Aplicação do coeficiente	31
3.1.4	Frequências de aplicabilidade e não aplicabilidade	32
3.2	Relações fundamentais das MRE	33
3.2.1	Aspectos de MRE para aperfeiçoar heurísticas	33
3.2.2	Múltiplas representações adotadas	34
3.2.2.1	Coleção de tabuleiros	34
3.2.2.2	Tabelas comparativas do processamento heurístico e cálculos estatísticos	35
3.2.2.3	Gráficos	36
4	A FERRAMENTA HEUCHESS+	38
4.1	A arquitetura	38
4.2	Módulo de criação de situações de jogo	39
4.3	Módulo de seleção de casos de testes e táticas de contra-ponto	42
4.4	Módulo de totalização de parâmetros heurísticos	44
4.4.1	Interpretador heurístico	45
4.4.2	Avaliação simétrica	46
4.5	Módulo de visualização de resultados com uso de MRE	47
4.5.1	Resultados gerais comparativos de táticas	49
4.5.2	Visualização de erros/acertos táticos e aplicabilidade de regras	52
4.5.3	Visualização de Kendall com uso de MRE	53
4.6	Estudo de casos de aperfeiçoamento de regras com a ferramenta HeuChess+	53
4.7	Um caso de retrocesso do PGAT	57
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	59
5.1	Vantagens e resultados	60
5.2	Desvantagens/limitações	61

5.3	Trabalhos futuros	61
A	TABELAS DE RESULTADOS COMPARATIVOS	63
A.1	Estudo de caso 1	63
A.2	Estudo de caso 2	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE FIGURAS

2.1	Modelo EAD - Colaboração e competição	16
2.2	JETetris - Visão geral	17
2.3	CACAREJE - Uma visão geral	18
2.4	UMRAO - Heurísticas planificadas	22
4.1	Arquitetura do ambiente HeuChess+	39
4.2	Caso geral de uso da ferramenta HeuChess+	40
4.3	Tela de criação de tabuleiros em FEN	41
4.4	Tela de criação de posições	41
4.5	Seleção de tabuleiros de teste	43
4.6	Seleção de táticas de contra-ponto	44
4.7	Ativação do interpretador	46
4.8	Heurística de exemplo de avaliação simétrica	48
4.9	Heurística de exemplo - evitando a avaliação simétrica	48
4.10	Resultados da avaliação sobre as regras	50
4.11	Arquitetura do ambiente HeuChess+	51
4.12	Visualização de erros e acertos táticos	52
4.13	Histograma de erros e acertos táticos	53
4.14	Visualização das frequências de aplicabilidade	54
4.15	Visualização de Kendall com MRE	54

LISTA DE TABELAS

3.1	Escala de classificação de tabuleiros	26
3.2	Tabulação cruzada de frequências absolutas	28
3.3	Tabulação cruzada com desempenho ideal	30
3.4	Relação entre as escalas	30
3.5	Visualização comparativa dos resultados	36
4.1	Erros e acertos táticos de LI02	56
4.2	Erros e acertos táticos de LI02A	56
4.3	Erros e acertos táticos de OCUPCENTRO01	57
4.4	Erros e acertos táticos de OCUPCENTRO01A	57
A.1	Resultado geral da avaliação heurística dos conjuntos LI02 e LI02A	63
A.2	Resultados da avaliação das regras de valoração de peças	66

RESUMO

Novos conceitos e ferramentas de software para apoiar o aprendizado do raciocínio tático em jogos heurísticos são descritos, juntamente com sua aplicação ao ensino de Xadrez nas escolas. Poucos trabalhos foram encontrados na literatura científica sobre ferramentas de autoria e aprendizagem exploratória em ambientes colaborativos de aquisição de conhecimento. A autoria formal de fatores heurísticos do Xadrez é apresentada como um elemento chave de apoio à avaliação do desempenho e melhoria incremental de esquemas táticos. Este trabalho tem o propósito de descrever métodos matemáticos e estatísticos, como correlação de Kendall e computações de frequências para avaliar esquemas táticos. Uma ferramenta de software foi desenvolvida para aplicação e visualização dos métodos. A adequação do referido modelo é sugerida através da consolidada idéia de múltiplas representações externas dos dados heurísticos. Ao final são apresentadas as perspectivas de pesquisa futura.

ABSTRACT

New concepts and software tools for supporting the acquisition of tactical skills in heuristic games are described, along with their application to the teaching of Chess in schools. Few past works have been found in the scientific literature about authoring tools and discovery learning in collaborative environments aimed at skill acquisition. The formal authoring of heuristic features of Chess is presented as a key element that underlie performance evaluation and the incremental improvement of tactical schemata. This work has the purpose to describe Mathematical and statistical methods, such as Kendall's correlation and frequency computations for evaluating tactical schemata. A software tool was developed to apply and visualize the methods. The adequacy of the model is suggested through the reputable idea of multiple external representations of the heuristic data. Finally, future research perspectives are discussed.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, o problema central é definido com alguma profundidade. O foco de pesquisa é colocado sobre a melhoria do desempenho tático no jogo de xadrez. Segue-se a ele uma descrição do contexto deste trabalho, apresentando o projeto PROTEX como uma longa linha de atuação no campo de ferramentas de apoio ao ensino e à aprendizagem de xadrez. Além disso, os objetivos gerais e os específicos são descritos.

1.1 Definição do problema

O jogo de xadrez tem sido usado no ensino por vários anos, por se tratar de um jogo que valoriza o raciocínio estruturado (lógica) e trabalha a percepção espacial (conceitos visuais), além de proporcionar o estudo e treinamento sobre: (a) tomada de decisões (qual peça mover), (b) percepção de contextos (situações de jogo), entre outros.

No que diz respeito à tomada de decisões, cabe ao jogador escolher qual o melhor movimento, dado um determinado contexto de jogo e dadas inúmeras possibilidades de movimentos. Esta decisão deve ser tomada de acordo com uma tática, aqui entendida como heurística. Um exemplo de tática de jogo pode ser simplesmente considerar que se um jogador possui mais peças no tabuleiro, de acordo com determinados critérios de importância, ele tem mais chances de vencer. A isto dá-se o nome de vantagem material, assim a decisão seria eliminar qualquer peça do adversário possível e proteger as próprias.

Assim sendo, o problema reside em saber quais parâmetros um aprendiz deve utilizar na tática. Para obter esta resposta duas outras perguntas surgem: Existe uma maneira pela qual uma heurística pode ser compreendida e avaliada por tutores e aprendizes? Como o computador pode auxiliar na sua melhoria?

Suponhamos a seguinte situação: um aprendiz utiliza a ferramenta de definição para criar uma heurística e inscreve-a numa competição contra outras heurísticas definidas por outros aprendizes. A heurística evolui bem mas acaba perdendo o jogo. O aprendiz decide então criar outra heurística. Surgem então perguntas: Como saber se esta heurística tem maiores chances de ganhar? Até que ponto vale a pena inserir novos componentes heurísticos? É possível prover dados sobre a eficiência de ambas? Em que situações de jogo ela é melhor que a outra?

Do ponto de vista do tutor humano, considerando o ambiente de competição e colaboração, o problema reside em comparar as muitas heurísticas produzidas e determinar as mais eficientes. Do ponto de vista pedagógico, avaliar os resultados do processo de competição e colaboração, identificando aqueles que evoluíram e aqueles que simplesmente “copiaram” a heurística de outro.

Portanto, é importante prover uma maneira pela qual aprendizes e tutores possam testar suas técnicas heurísticas e compará-las com outras (e.g. definidas por enxadristas mestres, tutores ou pelos próprios pares).

1.2 Contexto da proposta

A presente proposta insere-se no projeto PROTEX, de apoio computacional ao ensino de Xadrez nas escolas brasileiras, apresentado em [19]. O PROTEX está integrado ao CEX (Centro de Excelência de Xadrez, uma iniciativa do governo do Estado do Paraná) e prevê a construção de diversas ferramentas que possam ser usadas por alunos das escolas públicas brasileiras.

Dentre os trabalhos já desenvolvidos neste projeto encontram-se os de Daniel Martineschen et al. [37] e Alexandre R. M. Feitosa [20]. O primeiro trabalho apresenta a

modelagem do ambiente de competição-colaboração, denominado CACAREJE para ensino de xadrez, e um protótipo de ferramenta para comparação de heurísticas adaptado para o jogo de Mancalla, denominado CGDH.

O segundo trabalho descreve uma ferramenta produzida que permite aos aprendizes de xadrez especificar heurísticas de avaliação de tabuleiro, através de múltiplas representações, que serão usadas pelo algoritmo de busca MINIMAX com podas alfa-beta no ambiente CACAREJE. O trabalho de Feitosa define uma linguagem para a representação de parâmetros heurísticos denominada DHJOG. Ela se constitui em uma linguagem de alto nível, abstrata e associada a uma ferramenta de autoria de parâmetros heurísticos, cuja interface de especificação foi desenvolvida em Java.

Este trabalho, portanto, é uma continuidade destas atividades. Como resultado temos a criação de uma ferramenta para comparação e avaliação das heurísticas produzidas, portanto pode ser vista como uma extensão da ferramenta desenvolvida por Feitosa [20]. A ferramenta é aplicada ao jogo de xadrez e fornece dados para que aprendizes possam reestruturar suas táticas e melhorá-las, evoluindo seus conceitos sobre raciocínio tático.

1.3 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é de desenvolver conceitos lógico-matemáticos que estabeleçam parâmetros e dados para que aprendizes e tutores humanos de xadrez consigam avaliar as funções heurísticas produzidas a fim de melhorar a predição das vitórias em competições, bem como comparar os resultados de diversas táticas entre si.

1.4 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, algumas metas foram definidas e executadas:

- Em virtude do escopo deste trabalho, pesquisar a literatura científica em busca de trabalhos abrangendo as áreas de: (a) ensino colaborativo e competitivo, (b) múltiplas representações externas, (c) ferramentas de autoria e (d) fundamentos matemáticos/estatísticos para problemas de comparação de dados, especialmente no campo das funções heurísticas;
- Definir uma ferramenta que implemente os conceitos definidos como objetivo geral. Para construir esta ferramenta será necessário
 1. Traduzir as definições heurísticas descritas pela linguagem DHJOG, de sua representação interna, para a linguagem Java, e assim poder executar as definições heurísticas e obter os resultados da função;
 2. Modelar o ambiente proposto aplicando conceitos de múltiplas representações externas (MRE) para facilitar o entendimento não só da ferramenta como dos efeitos das táticas sobre um jogo;
 3. Integrar a ferramenta ao ambiente desenvolvido pelo Feitosa para especificação de heurísticas de jogos.
- Realizar estudos de casos empíricos com a própria ferramenta para testar o protótipo.

Finalmente, considerando que: (a) o jogo de xadrez é um jogo de regras de fundo heurístico, (b) o ambiente de competição-colaboração que está em franco desenvolvimento no projeto PROTEX e (c) a presente proposta de criação de uma ferramenta que apoie tutores e aprendizes a testar e comparar funções heurísticas, podemos perceber que uma lacuna tecnológica e pedagógica no ensino de heurísticas [14] está sendo preenchida de forma inovadora, trazendo tanto benefícios científicos como educacionais.

1.5 Estrutura de capítulos

No capítulo 2 temos a análise dos trabalhos correlatos às áreas de Ferramentas de Autoria, Aprendizagem pela Competição e Colaboração, e ainda sobre a representação de conhe-

cimentos heurísticos. No capítulo 3 os conceitos adotados na solução do problema. No capítulo 4 apresentamos a Ferramenta HeuChess++ desenvolvida, bem como dois estudos de casos de uso da ferramenta. No capítulo 5 trazemos as conclusões sobre o trabalho, vantagens/limitações e uma referência para trabalhos futuros. Em seguida temos alguns apêndices ilustrativos dos estudos de casos realizados. E no final do documento segue a lista de referências bibliográficas utilizadas durante a elaboração desta proposta.

CAPÍTULO 2

RESENHA LITERÁRIA

O objetivo deste capítulo é apresentar uma análise dos principais trabalhos existentes relacionados ao escopo deste trabalho. O texto está dividido em cinco partes : (a) Linguagens e Ferramentas de Autoria, (b) Alternância entre Colaboração e Competição, (c) Visualização de Representação do Conhecimento Heurístico, (d) Avaliação de funções heurísticas em problemas de busca, e finalmente, (e) as considerações finais.

2.1 Linguagens e Ferramentas de Autoria

O uso de computadores para atividades de ensino/aprendizagem vem sendo desenvolvido e discutido pela comunidade científica há várias décadas. Já na década de 50 surgiram os primeiros sistemas de instrução assistidos por computador (CAI - Computer Assisted Instruction). Os sistemas CAI, de então, apresentavam uma estrutura estática na apresentação do conteúdo e na forma como o aprendiz devia interagir com o sistema.

Apenas na década de 80 do século passado, surgiram os primeiros sistemas CAI inteligentes (ICAI - Intelligent Computer Assisted Instruction), hoje conhecidos como Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Para mais detalhes sobre esta evolução veja [53].

STIs, de acordo com Murray [42], são sistemas com modelos de conteúdo que permitem especificar o que ensinar e como ensinar. Os STIs possuem recursos de IA (Inteligência Artificial) embutidos que permitem inferir como está o grau de aprendizado do aluno e decidir que rumos devem ser tomados no processo de ensino, adaptando seu conteúdo e estilo de ensino. Entretanto, tais sistemas são complexos e caros para se construir e por isso esforços têm sido feitos para criar ferramentas que facilitem o processo de construção de STIs.

Ferramentas de autoria já existiam para os sistemas CAI, e segundo [54], podem ser classificados em quatro categorias:(a) Linguagens de programação de alto nível, (b) Lin-

guagens de autoria, (c) Sistemas de autoria e (d) *Shells* de autoria. As 4 categorias diferem entre si, no grau de esforço que o autor realiza para produzir o material de ensino, apresentadas aqui em ordem decrescente de tal grau de esforço. Abaixo, ainda segundo [54], veja uma descrição de cada categoria:

- Linguagens de programação: mais flexíveis, mas exigem conhecimentos sólidos de programação para poder desenvolver sistemas de apoio ao ensino. Tal fato torna-se um obstáculo para a maioria dos educadores de outros domínios, exceto o de programação, é claro. Exemplos: C, C++, Pascal, Lisp e outras.
- Linguagens de autoria: desenvolvidas de forma a diminuir o esforço de aprendizado, e apresentam estruturas de comandos e dados específicas para atividades de ensino. NATAL é um exemplo de linguagens desta categoria e pode ser vista em [24, 23]; tratava-se de uma linguagem interpretada que possuía diversas limitações, devido aos recursos da época em que foi criada.
- Sistemas de autoria: são sistemas orientados a menu, que minimizam ou eliminam a necessidade de saber programar computadores, apesar de alguns possuírem linguagens de autoria embutidas. Alguns exemplos são: Authorware, HyperCard, DEMAIS, HyperTeacher e outros. Estudos comparativos destas ferramentas podem ser vistos em [5] e [31].
- *Shells de autoria*: é a categoria mais restritiva mas exige pouco esforço para criar material de ensino. Shell Games, da Apple Computer Inc., é um exemplo desta categoria.

No contexto de STIs, Murray apresenta uma descrição básica de diversas ferramentas de autorias desenvolvidas até a década de 90 do século passado.

Dentre as ferramentas listadas por Murray, observamos REDEEM, [36, 2], que possui mecanismos internos para verificar o processo de criação do STI, avisando ao autor quais partes ainda precisam ser terminadas. Outro aspecto interessante é a capacidade de resolução de conflitos entre regras produzidas pelo autor humano, através de heurísticas,

para determinar qual regra tem prioridade sobre outra em cada contexto de aprendizado.

Destacamos, também, a ferramenta RIDES [41]. Esta ferramenta tem sido muito utilizada na criação de simuladores gráficos para treinamento técnico independente de domínio e permite ao autor executar passo-a-passo a simulação para localizar erros no comportamento da mesma, de forma semelhante aos sistemas de depuração de erros encontrados em ambientes integrados de desenvolvimento modernos.

Outro trabalho que apresenta recursos para os autores detectarem discrepâncias, incongruências e completeza da informação na criação do STI pode ser encontrado em [32]. Este trabalho refere-se a um teste de aplicabilidade da ferramenta denominada DNA que foi desenvolvida com os objetivos de diminuir o tempo para capturar o conhecimento que está na mente de especialistas num domínio e armazenar o conhecimento de forma mais completa e correta. A idéia é tentar abstrair o que os especialistas sabem sobre um determinado assunto, como executam certas tarefas relacionadas ao campo do saber e por que isso tudo é importante. Este processo é baseado num campo de estudo oriundo da psicologia aplicada denominado de “análise de tarefas cognitivas” (CTA - *Cognitive task analysis*). Consiste em ferramentas e técnicas para descrever o conhecimento e as estratégias necessárias para desempenhar tarefas, veja [48] para mais informações sobre este campo.

DNA é baseada numa estrutura que divide o conhecimento em 3 partes:

- Conhecimento simbólico ou declarativo (o que)
- Conhecimento procedimental (como)
- Conhecimento conceitual (porque)

Estas 3 partes são ligadas através de redes semânticas cruzadas com regras de produção (o que..se) armazenadas na forma de unidades curriculares. O conhecimento é obtido através de um diálogo pré-definido entre o computador e o especialista para obter os 3 aspectos do conhecimento listados acima. Inicialmente o projetista do STI prepara a ferramenta para obter conhecimentos sobre um determinado domínio de tarefa. Entra em cena, então, o especialista que responderá perguntas que, num ciclo repetitivo, irão de-

compor o conhecimento dele sobre o tema. Outros especialistas podem então rever todos os itens e detectar falhas e falta de informação relevante e pertinente. Um exemplo deste diálogo pode ser visto no sítio: http://mentalmodels.mitre.org/cog_eng/reference_documents/automating%20cta.htm (acessado em 11/01/2007).

Um trabalho mais recente, desenvolvido por Mizoguchi et al [27, 26], apresenta a ferramenta de autoria SmartTrainer/AT baseada em definições ontológicas para criação de sistemas de treinamento inteligentes. Em [26, 40], Mizoguchi defende que ferramentas de autoria devem ter a capacidade de entendimento do que está sendo criado e de como fazê-lo. Tal objetivo seria alcançado utilizando dois tipos de ontologias: (a) Ontologia da tarefa e (b) Ontologia do domínio. Neste caso uma ontologia é definida como um conjunto de conceitos/termos/axiomas primitivos para construir STIs em algum domínio. Sendo assim, dois atores estão envolvidos na construção de um STI, e são:

- Autor da ontologia : utiliza um editor de ontologias para definir os conceitos para criação de materiais de treinamento e aspectos de clareza de *interface*, definindo os axiomas de tais conceitos;
- Autor final (domínio) : Constrói os cenários de treinamento, conteúdos e questões, tomando como base as ontologias definidas e compila-os. Os conteúdos são apresentados na forma de cartões.

As ontologias definidas servem então como guia para o autor final, verificando a consistência dos modelos produzidos em nível conceitual. Mensagens de erro ou alertas são emitidos ao autor final sempre que o autor fizer uma escolha errada nas estratégias de ensino adotadas ou quando falta o preenchimento de cartões importantes previstos na ontologia.

Os trabalhos descritos acima apresentam pelo menos uma característica comum, ou seja, a capacidade de validar o modelo de ensino criado pelo tutor, mas utilizam métodos de implementação distintos. REDEEM e RIDES apresentam estes recursos programados internamente na ferramenta de autoria, tornando a forma de detecção de inconsistências

mais rígida e estática. O modelo baseado em ontologias se torna mais flexível através do editor de ontologias, de sorte que inconsistências no material de treinamento sendo produzido são detectadas pelos axiomas definidos na ontologia.

Enfim, as ferramentas de autoria até o momento, como pode ser observado na literatura disponível, contemplam a arquitetura que um STI deve ter (Modelo do Tutor, Modelo do Domínio, Modelo do Aprendiz e Modelo da Interface) fornecendo vários métodos de implementação e representação em cada um dos modelos.

Atualmente os STIs estão evoluindo pela aquisição de novos conceitos e formas de aprendizados. Além do modelo pedagógico que está sendo incorporado, muitos esforços têm sido feitos para obter ferramentas de autoria para construção de STIs colaborativos. Na seção 2.2 abordamos alguns trabalhos desenvolvidos na área de colaboração.

Apesar das ferramentas de autoria possuírem recursos para verificar a integridade do material produzido, não encontramos na literatura conceitos e nem mesmo mecanismos que permitam comparar e auto-avaliar as representações produzidas entre si, auxiliando professores e alunos a identificar quais são as melhores representações.

2.2 Alternância entre Colaboração e Competição

Nesta seção apresentaremos diversos trabalhos sobre o aprendizado em grupo, entre humanos, o qual pode assumir um caráter colaborativo e/ou competitivo. Dedicamos especial interesse nos trabalhos que usam o computador como suporte, campo hoje conhecido como Aprendizado Colaborativo Suportado por Computador.

2.2.1 O aprendizado colaborativo

Este é o principal foco das pesquisas sobre aprendizado em grupo, sendo de comum acordo, que os principais precursores sobre a relevância deste tema são Piaget [46], Vygotsky [52], Suchman [50] e Lave [35]. Destes autores surgem 3 eixos principais da pesquisa sobre o

aprendizado colaborativo [18]:

- Eixo sócio-construtivista: representado por Piaget. Nesta linha foram feitos diversos estudos sobre como as interações sociais influenciam o desenvolvimento cognitivo individual. O processo é visto como uma espiral de causalidades dependentes do estágio de desenvolvimento inicial do indivíduo.
- Eixo sócio-cultural: representado por Vygotsky e outros. O foco nesta linha está nas interações sociais e seus efeitos internos em cada indivíduo. Ao contrário do eixo anterior, aqui, independentemente do estágio de cognição do indivíduo, as interações sociais são absorvidas numa segunda etapa através da reflexão pessoal (internalização), provocando mudanças no seu estado atual.
- Eixo da cognição compartilhada: representado por Suchman e Lave. Nesta linha não apenas o contexto social é importante mas também o contexto físico, ou seja, o meio-ambiente se torna parte integrante da atividade cognitiva.

Segundo [18], em função do eixo da pesquisa, o foco da pesquisa se divide em três: a) a análise dos efeitos do aprendizado colaborativo, b) a análise das condições adequadas para o aprendizado colaborativo e c) a análise das interações no aprendizado colaborativo.

Os computadores exercem hoje um papel importante, independente da linha teórica ou foco adotado. Muitos sistemas (ou ambientes baseados em computador) têm sido produzidos para medir as diversas variáveis envolvidas com o objetivo de alcançar respostas mais adequadas para perguntas como "Sob que condições o ensino colaborativo se torna eficiente?", "O ensino colaborativo é mais eficiente que o individual?", ou, "Como usar eficientemente os mecanismos de interação computadorizados?", ou ainda, "A interação deve ser controlada para melhorar o aprendizado e como exercer um controle positivo sobre a interação entre os aprendizes?"

Além de facilitar o estudo do aprendizado colaborativo, os computadores podem ser vistos como verdadeiros colaboradores no ensino, através dos chamados *Learning Companions*, agentes computarizados que utilizam técnicas de IA para assumir diversos comportamentos na interação com o aprendiz humano, podendo agir como tutor, aprendiz

subordinado ao humano, ou como alguém que está ali para confrontar o conhecimento adquirido, provocar dúvidas, e outros, conforme pode ser visto em [12].

Vejamos alguns dos aspectos onde o computador tem sido usado para medir resultados importantes para responder às perguntas citadas anteriormente:

- Composição do grupo : De acordo com [18], existem muitos estudos sobre como formar um grupo e quais fatores devem ser considerados para obter melhores desempenhos, tais como: idade, sexo, conhecimentos e habilidades prévios, amizade, personalidade, entre outros. Um destes estudos[39] demonstrou, por exemplo, que grupos formados por indivíduos com personalidades e estilos de aprendizado heterogêneos não são melhores que grupos homogêneos, e que grupos com estilos homogêneos não aumentam a motivação e satisfação nas atividades da equipe. Em [49] uma discussão mais ampla pode ser encontrada sobre isto. Em [13] e [25] é descrito um modelo e uma ferramenta de *software* na forma de um jogo para investigar e projetar atividades em grupo.
- Controle do diálogo : Ambientes de aprendizado colaborativo, computadorizados ou não, baseiam-se nas interações entre pares ou pequenos grupos, sob a forma de diálogos. Em [9], foi desenvolvido o sistema CLARISSA. Um sistema baseado em agentes, com o propósito de avaliar diferentes papéis em diálogos entre aprendizes e sua eficácia no processo cognitivo. Papéis no diálogo são vistos como expressões linguísticas que denotam fatos, perguntas, declarações imperativas entre outras. Os resultados demonstram que os papéis devem ser exercidos por todos os participantes de forma combinada, e alternadamente no tempo, de tal maneira que todos consigam melhorar suas habilidades cognitivas. Em [13], é possível definir e controlar a rotatividade de papéis no ambiente.
- Análise do diálogo: O objetivo aqui é armazenar os diálogos entre alunos e usar algum mecanismo de inferência como redes bayesianas [6] ou *data mining* [45] para

auxiliar tutores a identificar características e atitudes dos alunos, como grau de envolvimento nas discussões e a eficiência na resolução dos problemas. Um trabalho recente encontrado em [47], defende a idéia de gravar as interlocuções entre os alunos a fim de observar aspectos meta-comunicativos e detectar a incerteza no aluno. Em [25], a ferramenta na forma de jogo é usada para avaliar os diálogos entre os membros do grupo e sua influência nos resultados da atividade. Em [7] é apresentado um jogo colaborativo que permite a avaliação de diversos aspectos do diálogo, entre os quais: o início e quem começou, a influência, o tempo de cada fala e o tempo total do diálogo.

Cabe dizer neste ponto, que o aprendizado colaborativo através de jogos tem se mostrado bastante produtivo em vários aspectos, como: a) Motivação, b) Interatividade e exploração, c) Visualização de conceitos através de múltiplas representações do conhecimento, entre outros, de acordo com [38].

Finalmente, o trabalho em grupo é pedagogicamente aceito como elemento importante na dinâmica de aprendizagem dos grupos (e.g., turmas escolares) que se formam de maneira até mesmo aleatória. A própria expansão ou contração de um grupo (e.g., sua liderança) pode causar impacto sobre a aprendizagem individual de seus membros. Mas não apenas em seu grupo deve se apoiar um aprendiz para atingir estágios de maestria em uma dada especialidade. Na próxima sub-seção é abordado sobre o aprendizado competitivo, onde os jogos, pela sua própria natureza, apresentam resultados igualmente bons, dentro de suas limitações pedagógicas.

2.2.2 O aprendizado competitivo

Estamos particularmente interessados no aprendizado competitivo entre humanos, diferentemente da linha de pesquisa adotada no campo do aprendizado de máquina. Desta forma, o aprendizado competitivo é caracterizado, essencialmente, pelo esforço individual do aprendiz em alcançar um objetivo comum fornecido a um grupo de indivíduos (e.g. uma turma escolar). É visto na literatura como sendo um modelo tradicional da educação.

Porém a maioria dos estudos que abordam suas características, assim o fazem com o objetivo de comparação com o modelo de aprendizado colaborativo visto na seção anterior.

Dentre estes estudos encontram-se os desenvolvidos por David W. Johnson e Roger T. Johnson [29], [30], [28]. Em [28] pode ser visto um estudo demonstrando várias evidências que apontam o modelo colaborativo como mais eficiente e promissor, entretanto existem aspectos importantes do modelo competitivo na formação de um indivíduo que promovem um grau de independência e auto-confiança necessárias em qualquer exercício profissional. A competitividade pode ser usada como um fator motivador, não no sentido de vencer oponentes e ver seus colegas como tal, mas no sentido de superar a si próprio tendo como medida o desempenho dos próprios colegas.

Os jogos, pela sua própria natureza, denotam a idéia de competição e têm sido utilizados em diversos experimentos de aprendizado em domínios distintos. No campo da matemática, por exemplo, jogos de tabuleiro, segundo [15], podem ser usados para apresentar conceitos geométricos, treinar operações aritméticas, entre outros. Desta forma, o aprendizado se torna algo agradável e desafiador, e neste aspecto a atividade competitiva se torna positiva.

Um outro experimento usando um jogo de perguntas, estilo *quiz* chamado Joyce, pode ser visto em [11] e [10], onde foi demonstrado que os aprendizes se mostraram altamente motivados em participar e até mesmo os menos capacitados tinham chances de vencer. Uma das características desejáveis, segundo [11], que deve ser incorporado no aprendizado competitivo é o anonimato, isto é possível com o uso de sistemas baseados em rede, eliminando assim o aspecto negativo do confronto face a face.

Na próxima sub-seção vamos discorrer sobre trabalhos recentes que sugerem o uso alternado da colaboração e competição, aproveitando os aspectos positivos de ambos os modelos.

2.2.3 A alternância da Colaboração e Competição

Esta, sem dúvida, é uma lacuna dos modelos de aprendizado que foi pouco estudada no meio científico. Apesar de ser um consenso quase geral, que o ambiente competitivo é inferior ao ambiente colaborativo, especialmente por causa da animosidade e rivalidades negativas que podem surgir entre aprendizes, por que não investigar o uso de ambas em conjunto? Como aproveitar as qualidades positivas de ambos os modelos?

Em [38], a criação de um modelo híbrido é considerada como uma tarefa difícil e desafiadora. Em [15], os autores argumentam o uso de jogos como forma de aprender os conceitos matemáticos, abordando o problema da competição e sugerindo o trabalho em grupos concorrentes, propondo a troca de componentes entre os grupos a fim de levantar opiniões contrárias e descobrir estratégias vencedoras.

Um dos poucos trabalhos, pode ser visto em [33], onde é apresentado um modelo de ensino a distância utilizando a cooperação e competição para manter o nível de motivação e o interesse pelo material instrucional elevados. O modelo foi integrado a um modelo de curso hipermídia onde não havia aspectos colaborativos e competitivos. A idéia defendida é apresentar o conteúdo na forma de textos e realizar uma espécie de gincana entre equipes de alunos, que cooperam entre si, para responder perguntas sobre o tema. Veja na figura 2.1, extraída de [33], a arquitetura proposta.

Este modelo, entretanto, apresenta avaliações pontuais a serem revisadas pelo tutor humano, através de documentos enviados pelos aprendizes e provas pré-definidas. O modelo não prevê conceitos e nem ferramentas para os aprendizes auto-avaliarem suas representações, pois no modelo do aprendiz existem apenas as seguintes responsabilidades previstas para os aprendizes realizarem: pesquisar, desenvolver trabalhos, enviar trabalhos e responder provas. Além disto, a colaboração e competição ocorrem de forma paralela e simultânea. A colaboração ocorre entre membros de uma equipe enquanto estão competindo. Não existe uma fase de colaboração e uma fase de competição distintas.

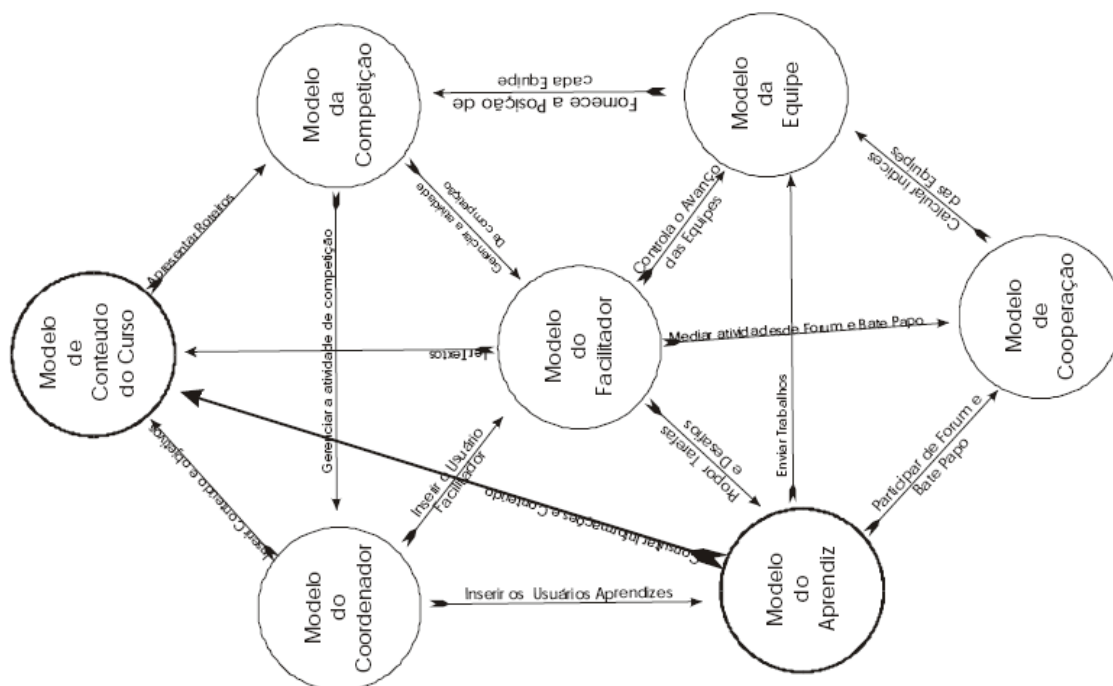


Figura 2.1: Modelo EAD - Colaboração e competição

Outro trabalho descrito em [51] apresenta um modelo de competição e colaboração, utilizando uma variante do famoso jogo Tetris, adaptado para jogar em duplas pela rede. Cabe ao professor definir os jogadores e cadastrar questões sobre um conteúdo específico que deverão ser respondidas após a conclusão de uma rodada do jogo. A competição é realizada entre duplas adversárias ou entre duplas aliadas que inicialmente realizam uma rodada de negociação para definir como se dará o jogo e qual o nível de dificuldade adotado.

Após iniciado o jogo, quando um lado elimina uma linha de encaixe, a mesma é enviada para o lado adversário, dificultando o jogo adversário pela diminuição da área útil. Quanto mais linhas são enviadas mais pontos se conquista, assim a dupla recebe mais questões para a rodada de testes de conhecimento.

A fase de colaboração acontece no momento de responder as questões propostas pelo jogo, entre a dupla aliada, ou após a submissão das respostas, na fase de socialização com os demais adversários. A figura 2.2, extraída de [51], apresenta uma visão geral do modelo desenvolvido.

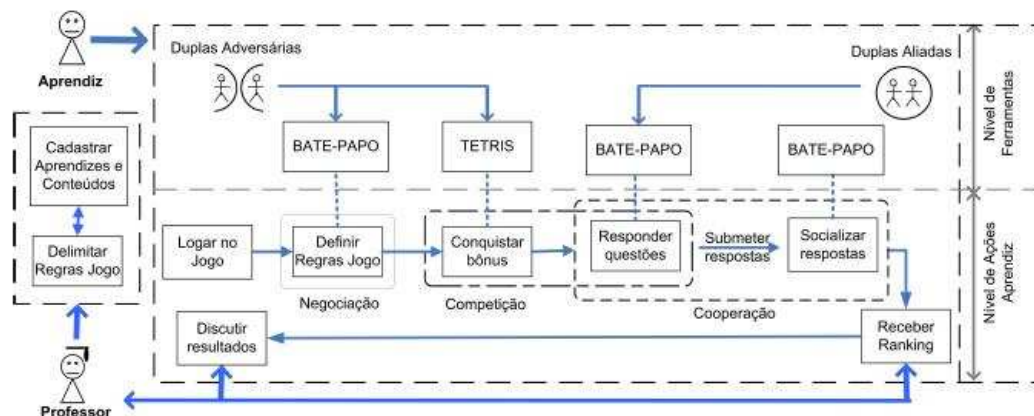


Figura 2.2: JETetris - Visão geral

O jogo em si, adaptado do Tetris, entretanto, é utilizado apenas como estratégia de motivação, não sendo usado em nenhum momento para transmitir conceitos sobre a disciplina proposta. Este trabalho, também foi usado recentemente como experimento para criação de uma modelagem de ensino-aprendizagem baseada em jogos. Em [17], foi apresentado um projeto de atividades de aprendizagem baseado nas especificações do *Learning Design* através do modelo UAS(*Usage-Actions-Scenarios*) e do padrão CLFP (Padrões de Fluxo de Aprendizagem Cooperativa). De fato, este trabalho mais recente evoluiu no sentido de que o modelo permite trabalhar com outros tipos de jogos, mas não fica claro que o jogo em si, no seu aspecto tático, seja utilizado como o ponto de competição entre grupos de aprendizes.

O projeto CACAREJE, de acordo com [37], propõe o uso da alternância entre competição e colaboração para o aprendizado do próprio jogo utilizado no ambiente, neste caso o xadrez - o xadrez inclusive tem sido muito utilizado para fins educacionais, ao contrário do jogo Tetris. A idéia é que tutores humanos apresentem os conceitos heurísticos do xadrez em sala, os quais podem ser traduzidos para uma representação computacional, através de ferramentas apropriadas. Cria-se então uma competição automática de heurísticas. No final da competição, o coordenador, abre as heurísticas definidas individualmente, para todos os participantes, onde todos podem colaborar entre si para entender porque algumas heurísticas tiveram desempenho melhor que outras e assim produzirem novas heurísticas. Sendo assim, temos fases bem distintas de colaboração e competição.

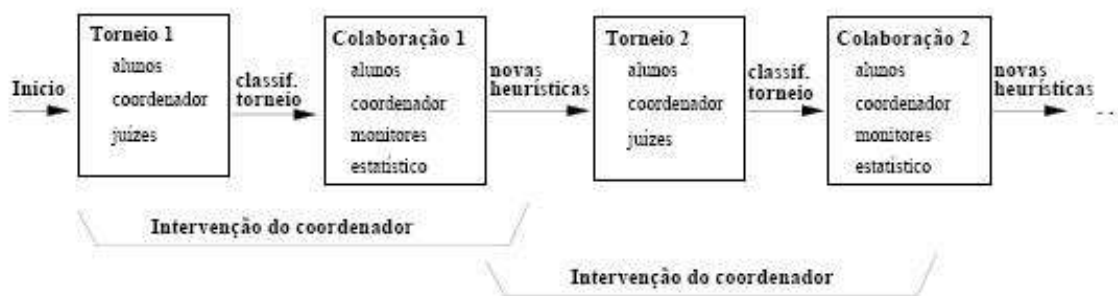


Figura 2.3: CACAREJE - Uma visão geral

Na figura 2.3, extraída de [37], é apresentada uma visão da alternância proposta.

O projeto proposto em [37], inclui, portanto, o uso de um jogador automático de xadrez, que simula dois oponentes, utilizando as heurísticas inscritas como função de avaliação estática do jogo num determinado momento. A função de avaliação retorna um valor que é usado pelo algoritmo de busca (e.g, MINIMAX) para tomar a decisão da próxima jogada. As heurísticas que mais vencerem partidas são consideradas vencedoras da competição. Cabe se dizer que um dos objetivos neste projeto, com certeza, é promover nos aprendizes a capacidade de otimização do raciocínio pela busca de táticas de jogo mais aptas a vencer.

2.2.4 Considerações finais

Depois de uma procura extensa, em diversos mecanismos de busca na Internet, sobre os temas tratados nesta seção, chegamos a algumas conclusões importantes. Ao observarmos os títulos e resumos das pesquisas, percebemos uma distinção clara quanto aos elementos participantes do processo de aprendizado e que podem ser assim classificados:

- entre humanos apenas: a) a colaboração ocorre pela interação nos grupos mas sem o suporte da computação; b) a competição se estabelece pelo próprio desafio de obter os melhores conceitos diante dos demais colegas;
- entre humanos auxiliados por computador: a) a colaboração ocorre através de STIs que fornecem mecanismos para a interação e trocas entre os humanos, neste caso

o diálogo é conduzido, observado e analisado, b) a competição é realizada especialmente pelo uso de jogos, ou provas com pontuações e limite de tempo;

- entre humanos e computadores: a) o computador atua como um agente colaborador, aqui se encaixa a maioria dos STIs, b) o computador atua como um verdadeiro oponente ao aprendiz humano.

2.3 Visualização do Conhecimento Heurístico

Nesta seção abordaremos sobre o problema da visualização do conhecimento. O problema é definido em função de como representar adequadamente um conhecimento de forma que haja a menor perda de qualidade e semântica. Estamos especialmente interessados no aspecto da visualização externa destas representações. As subseções seguintes abordam os estudos realizados sobre como representar externamente um dado conhecimento e seus resultados no aprendizado.

2.3.1 Representação externa do conhecimento

Representação do conhecimento é um conceito bastante conhecido no campo da IA e das ciências cognitivas, e é visto sob duas naturezas distintas: a) natureza interna (ciências cognitivas) - diz respeito a como certo conhecimento é interiorizado por um indivíduo, b) natureza externa (IA) - diz respeito a como certo conhecimento pode ser expresso e comunicado para outros e para um sistema computacional. Veja [16] para entender melhor sobre representação do conhecimento e seus papéis do ponto de vista da IA.

Do ponto de vista computacional, a natureza interna de uma representação diz respeito a forma como o conhecimento é armazenado na máquina enquanto que a natureza externa diz respeito a como o conhecimento é exposto ou fornecido pelo usuário. Segundo [1], uma representação externa consiste de:

- O mundo ou conhecimento representado;

- O mundo ou ambiente onde é feita a representação;
- Os aspectos do mundo que estão sendo representados;
- Quais recursos do ambiente onde é feita a representação estão sendo usados para modelar o conhecimento;
- A correspondência entre os dois mundos.

2.3.2 Múltiplas representações externas

Segundo [16], não existem representações perfeitas, por isso vários autores defendem o uso de múltiplas formas de representar o conhecimento (MRE - *Múltiplas representações externas*) num ambiente de ensino-aprendizagem, de forma que se tornem complementares e diminua assim o esforço cognitivo do aprendiz. Ainsworth, Bibby e Wood [3], apresentam diversos estudos que evidenciam os benefícios educacionais do uso de MRE.

Outro trabalho recente também da Ainsworth, [1], descreve o *framework* DEfT, que é um conjunto de prescrições e recomendações sobre o desenvolvimento de ambientes que utilizam MRE para estimular o aprendizado de uma tarefa ou conhecimento. Ainsworth sugere uma taxonomia para MRE, dividindo em três funções (grupos) chaves de representações: (a) papéis complementares, (b) Restrição de ambiguidades e (c) Construção do conhecimento. Em papéis complementares uma das aplicações de MRE é na apresentação de conceitos ou informações complementares, auxiliando aprendizes a compreender todo um contexto de conteúdos.

Ainsworth defende que em ambientes de aprendizado que utilizam MRE um conjunto de itens de projeto devem ser considerados, e são: (a) o número de representações usadas, (b) a maneira como a informação é distribuída sobre as representações, (c) a forma do sistema representacional, (d) a seqüência da representação e (e) suporte de tradução entre as representações. No capítulo 3 há uma discussão sobre estes itens e seu emprego no presente projeto.

Em [34] pode ser visto um trabalho recente sobre o uso de múltiplas representações que utiliza o DEfT como ponto de apoio. O trabalho se trata de uma ferramenta protótipo

para o ensino de programação de computadores. O ambiente interativo apresenta simultaneamente ao aprendiz um código fonte em linguagem Pascal e o correspondente fluxograma (uma forma de grafo) que descreve a lógica de execução do programa. A ferramenta permite ao aprendiz montar um fluxograma que é traduzido simultaneamente para a representação em código fonte, assim o aprendiz consegue visualizar cada componente do fluxograma e a sua correspondência no texto do programa. O ambiente favorece o ensino da lógica e a familiarização com os elementos sintáticos de uma linguagem, demonstrando os benefícios do aprendizado através de MREs.

Entretanto, estamos particularmente interessados em estudos que abordem o problema de **representação externa do conhecimento heurístico** para resolução de problemas na área de busca, especialmente aplicáveis na área de jogos educacionais como o xadrez.

2.3.3 Representações externas do conhecimento heurístico

Entenda-se aqui como conhecimento heurístico, por exemplo, as definições de táticas que jogadores mestres utilizam para avaliar uma situação de jogo. Procuramos também por ferramentas que permitam aos tutores e aprendizes a inspecionarem as representações produzidas e compará-las entre si, medindo sua eficácia no domínio do problema.

Em [21] e [22], é apresentado UMRAO, um STI para ensinar finalizações de jogos de xadrez denominadas de finalizações Bispo-Peão. Este é um sistema que apresenta algum formalismo para representar estratégias de jogo. Sua estrutura principal é composta de objetos de planejamento (planos) de jogadas plausíveis. Cada objeto possui propriedades tais como qual lado vai jogar, tipo do plano (se é para especialistas ou iniciantes), aplicabilidade, factibilidade, melhores metas, metas alternativas, restrições e outras.

Cada propriedade é definida como uma conjunção de características presentes num dado posicionamento do tabuleiro, podendo incluir referências a outros planos previamente definidos. O módulo especialista produz um grafo de estratégias com todos os possíveis movimentos, justificados pelos planos armazenados, que combinam com a configuração do tabuleiro em cada movimento.

A partida tem início com o aprendiz tentando mover uma peça, se o movimento que ele

A novice plan relevant to the position in Figure 2	
((Identification W5)	
(ToPlay	(white student))
(Applicability	(and (double-pawn P1 P2) (not (feasible W1))))
(Feasibility	(can-support WK (bishop-square P1)))
(Better-Goal	(and (exchange P1 B) (queen P2)))
(Holding-Goal	(and (safe WK) (safe-from P1 B) (safe P2)))
(Mcx	(and (destination P1 (queening-square P1))
	(destination WK (near (bishop-square P1)))
	(destination P2 (promotion-square P2))))
(Mcy	nil)
(Decidability	t))
An expert plan relevant to the same situation	
((Identification W6)	
(ToPlay	(white expert))
(Applicability	(and (double-pawn P1 P2) (not (feasible W1))
	(black-king-threatens P2)))
(Feasibility	(and (can-support WK (bishop-square P1))
	(can-prevent WK BK P2)))
(Better-Goal	(and (exchange P1 B) (queen P2)))
(Holding-Goal	(and (safe WK) (safe-from P1 B) (safe P2)))
(Mcx	(and (destination P1 (queening-square P1))
	(destination WK (near (bishop-square P1))
	(destination P2 (promotion-square P2))))
(Mcy	((move-toward BK P2)))
(Decidability	t))

Figura 2.4: UMRAO - Heurísticas planejadas

faz não combina com os movimentos pré-determinados pelo módulo especialista, a jogada deve ser refeita. O jogo continua com o STI fornecendo dicas das jogadas mais adequadas em cada situação. A figura 2.4, extraída de [52], mostra exemplos do formalismo adotado para representar o conhecimento das heurísticas de jogo do UMRAO. Cabe dizer que estes planos são de natureza interna do sistema, criados por especialistas, e que o aprendiz não tem acesso aos mesmos para modificá-los ou mesmo para criar os seus próprios, portanto não se trata de um sistema MRE. O estudo também é limitado a finalizações de jogo, não trazendo formalizações para abertura e meio de jogo.

2.4 Avaliação comparativa de funções heurísticas em problemas de busca

Nosso interesse é verificar o que já foi estudado sobre o complexo problema de decidir entre duas funções heurísticas H_1 e H_2 qual apresenta melhor chance de levar a um estado

solução.

Em [43], métodos estatísticos de análise de variância, mais precisamente ANOVA, são utilizados para comparar as heurísticas entre si. ANOVA é utilizada para determinar se existem diferenças entre as heurísticas. Uma vez comprovado que pelo menos uma heurística produz resultados significativamente diferentes (no sentido de melhores resultados), procedimentos com múltiplas comparações são realizados para caracterizar melhor quais são as diferenças.

Outro trabalho encontrado, [44], utiliza técnicas de classificação de padrões para inferir quando uma heurística é superior a outra. Através de um modelo analítico denominado de “distribuição exponencial dobrada para erros”, utilizando as médias da probabilidade de uma dada heurística em conduzir a um estado ótimo de solução como medida de eficiência.

Outra trabalho recente, desenvolvido por Buro [8], na área de aprendizado de máquina, utiliza métodos estatísticos de correlação de escala e métodos gradientes para melhoria de heurísticas. O objetivo é que a máquina faça o ajuste de pesos de 11 elementos heurísticos e verifique se houve piora ou melhora.

2.5 Considerações finais

Concluindo esta resenha, não foram encontrados trabalhos que proporcionem tutores e aprendizes a inspecionarem as representações produzidas e compará-las entre si, medindo sua eficácia no domínio do problema. Assim sendo, percebe-se a necessidade de se criar conceitos e ferramentas, que sejam integradas no modelo de competição-colaboração, provendo recursos para visualizar, avaliar e comparar o conhecimento heurístico produzido.

CAPÍTULO 3

CONCEITOS ADOTADOS NA SOLUÇÃO

Neste capítulo estão descritos os principais conceitos e abordagens para a solução do problema em duas seções distintas. A primeira seção aborda os aspectos lógico-matemáticos e estatísticos da abordagem. A segunda seção apresenta as relações fundamentais teórico-práticas dos aspectos de MER para aperfeiçoamento heurístico e, por consequência, as representações adotadas no trabalho.

3.1 Conceitos lógico-matemáticos e estatísticos

Conforme visto na introdução, o problema de aperfeiçoamento de heurísticas por humanos, apoiados pelo computador, é caracterizado por dois sub-problemas. O primeiro trata-se de, dados N conjuntos de heurísticas distintos, estabelecer métricas adequadas na forma de indicadores matemáticos que apontem qual deles tem maiores chances de levar a um estado solução. O segundo problema é, uma vez estabelecidos tais indicadores, visualizá-los de forma que seja possível para aprendizes/tutores comparar o comportamento de cada conjunto. Esta seção trata do primeiro sub-problema. A subseção seguinte aborda o problema da visualização.

É sabido que em problemas de otimização combinatória, onde o número de estados cresce exponencialmente, deve-se utilizar algoritmos de busca heurística para se localizar uma solução sub-ótima ou um estado solução qualquer em um tempo razoável. Na literatura de IA existem diversos exemplos destes algoritmos. Um destes é o algoritmo MINIMAX, utilizado no ambiente CACAREJE, veja 1.2.

O MINIMAX utiliza-se de uma função, denominada de função de avaliação estática (FAE), para decidir qual caminho seguir na árvore de configurações de tabuleiros gerada.

Essa função é considerada em IA como sendo de natureza heurística. Ora, no modelo implementado por Feitosa [20], os parâmetros heurísticos dessa função são definidos computacionalmente pelo aprendiz, através de uma linguagem amigável denominada DHJOG. O aprendiz utiliza a DHJOG para estimar a vantagem ou desvantagem que uma cor de peça tem em uma dada configuração de tabuleiro através de regras de produção, veja [20] para mais detalhes. Essa estimativa é devolvida ao MINIMAX em um único valor numérico real que pode ser positivo ou negativo.

Para efeitos de análises neste estudo, valores positivos indicam que os tabuleiros apresentam alguma vantagem material ou tática (posicional em relação ao oponente). Valores negativos, por sua vez, indicam situações desvantajosas para quem está na vez de jogar. Assim, para apoiar um aprendiz no esforço de melhoria de seu esquema tático, é necessário que ele analise o comportamento de suas táticas em diversas configurações possíveis de tabuleiro. A subseção 3.1.1 descreve alguns aspectos lógicos que devem ser definidos para atender aos objetivos deste trabalho.

Sob o ponto de vista matemático, adotamos métodos estatísticos para determinação do desempenho tático. A estatística permite descrever ou modelar o conhecimento de forma matemática. Isto requer um planejamento das observações para controlar sua variabilidade e a subseção 3.1.1 descreve como isto deve ser feito. É necessário também efetuar a sumarização das observações. Com os resultados das sumarizações é possível inferir o significado destas observações através de métodos matemáticos ou por interpretação empírica.

Três abordagens estatísticas foram adotadas para demonstrar o desempenho de uma tática de jogo : (a) determinação das frequências de erros e acertos da heurística relativamente à posição dos especialistas, (b) correlação de escalas e (c) frequências absolutas de aplicabilidade das expressões componentes de cada conjunto heurístico. As subseções 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 apresentam uma explicação mais detalhada de cada uma destas abor-

Tabela 3.1: Escala de classificação de tabuleiros

Código	Significado
0	Pretas têm uma vantagem decisiva
1	Pretas têm uma vantagem clara
2	Pretas têm uma vantagem pequena
3	Empate
4	Branças têm uma vantagem pequena
5	Branças têm uma vantagem clara
6	Branças têm uma vantagem decisiva

dagens.

3.1.1 Aspectos lógicos

O primeiro aspecto lógico da solução é a construção de um conjunto de configurações de tabuleiros, definidas por tutores e especialistas do domínio do problema. A idéia é que cada tabuleiro seja classificado de acordo com uma escala discreta de valores que indique, mesmo que de forma subjetiva, de quem é a vantagem em dada configuração. A tabela 3.1 apresenta a categorização desta escala, sendo esta de natureza nominal e de caráter ordinal. Esta escala é adotada no padrão PGN (Portable Game Notation) muito conhecido no meio enxadrístico. Denominadas de símbolos de anotação numérica (*Numeric Annotation Glyphs*), o padrão prevê muitas formas de classificar tabuleiros, estas foram adotadas pois definem de forma geral de quem é a vantagem em uma dada posição. Mais detalhes sobre esta escala podem ser vistos no sítio: <http://www.saremba.de/chessgml/standards/pgn/pgn-complete.htm#c10> (acessado em 30/03/2007).

Ressaltamos que esta escala também foi adotada no trabalho de Buro [8] e foi adaptada para o modelo implementado neste trabalho. Observe que essa escala pode ser redefinida em três macro-categorias: (a) Pretas em vantagem, (b) Empate e (c) Brancas em vantagem.

Um segundo aspecto lógico é a identificação, em termos gerais, de qual fase o jogo se encontra. Uma das funcionalidades da linguagem DHJOG é a capacidade de estabelecer

táticas em função do tempo. É possível definir formalmente etapas distintas de jogo. Desta forma, a divisão do conjunto de tabuleiros em fases é interessante pois possibilita focar a avaliação das etapas em função das características de cada fase. Estão definidas três fases distintas:

- **O jogo está no começo:** considera-se aqui as situações de jogo onde praticamente todas as peças se encontram presentes e poucos movimentos foram realizados. Situações deste tipo são mais difíceis de verificar vantagens ou desvantagens e tendem a ser definidas como situação de empate para ambos os lados.
- **Situação normal (meio de jogo):** considera-se aqui a grande maioria das situações, onde já houve uma mudança significativa de posicionamento de peças em relação ao estado inicial, mas ainda permanece a maioria das peças.
- **Finalização de jogo:** consideram-se aqui as situações onde existem poucas peças no tabuleiro para ambos os lados (menos da metade), mas ainda existe a possibilidade de ocorrer uma situação de vitória.

Outro aspecto lógico é a necessidade de quem está avaliando uma tática de escolher sob qual ponto de vista proceder a análise, se das brancas ou pretas. Jogos como o xadrez, apresentam uma simetria relativa, mas com o passar dos lances, a simetria posicional acaba se perdendo, permanecendo apenas uma simetria tática. O fato, por exemplo, da dama estar ameaçando um cavalo só pode ser vantajoso se a dama adversária não estiver ameaçando um cavalo também. A seção 4.4.2 apresenta mais detalhes sobre este aspecto.

3.1.2 Erros e acertos táticos

A determinação das frequências de erros e acertos táticos tem por objetivo fornecer uma medida de comportamento da tática em relação à classificação dada pelos especialistas. A técnica utilizada é o cruzamento de informações, estatisticamente conhecida como tabulação cruzada.

Tabela 3.2: Tabulação cruzada de frequências absolutas

Classe	Vant. Brancas	Vant. Pretas	Empate
Vant. Brancas	3 (11,54%)	10 (38,46%)	13 (50,00%)
Vant. Pretas	9 (34,62%)	12 (46,15%)	5 (19,23%)
Empate	7 (26,92%)	14 (53,85%)	5 (19,23%)

Apesar de ser uma técnica simples, a tabulação cruzada é muito útil para o estudo das relações entre variáveis nominais ou para verificar a distribuição de uma variável dentro de outra. Consiste em uma tabela de frequências absolutas ou relativas da ocorrência de determinado evento ou característica numa população, dentro de uma determinada variável. É representada na forma de uma matriz onde, neste caso, as linhas representam as macro-categorias dos tabuleiros pré-classificados e foram colocadas na seguinte ordem: (1) Vantagem para brancas, (2) Vantagem para pretas e (3) Empate. As colunas representam a classificação calculada pelo conjunto heurístico na mesma ordem das linhas. A tabela 3.2 é um exemplo de caso hipotético dos resultados de uma avaliação de um conjunto heurístico. Para melhorar o entendimento, cada célula da tabela contém, simultaneamente, a frequência absoluta e a relativa. Na seção 4.5.2 será apresentada sua visualização na ferramenta desenvolvida neste trabalho.

O cálculo da matriz de frequências absolutas pode ser assim definido: seja TAE_i a quantidade de tabuleiros pré-classificados pelos especialistas na classe i , a célula (i, j) é a quantidade de tabuleiros da classe i que foram avaliados pelo conjunto heurístico como sendo da classe j . O cálculo da matriz das frequências relativas é dado por:

$$FRel_{i,j} = \frac{M_{i,j}}{TAE_i}, \forall i, j \quad (3.1)$$

A tabela 3.2 apresenta a matriz de frequências absolutas conjugada com a matriz de frequências relativas. Suponha um total de 30 tabuleiros. Destes, 26 sejam classificados como sendo vantajosos para as brancas. Suponha que ao aplicar-se as regras de um conjunto heurístico hipotético, apenas 3 tabuleiros sejam identificados pela tática como sendo

bom para as brancas, ou seja, 11,54 %. Assim isto significaria que a tática está apresentando muito mais erros táticos do que acertos quando os tabuleiros são de vantagem para as brancas. Quando os tabuleiros são de vantagem para as pretas, a avaliação heurística se posiciona melhor com 46,15% de acertos. Em casos de empate, a avaliação apresenta também um rendimento baixo, menos de 20% de acertos.

Tomando-se a diagonal principal da matriz de freqüências relativas, é possível calcular de forma ponderada o percentual geral de acertos táticos. Seja n igual ao número total de tabuleiros avaliados pela heurística, temos:

$$S = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 FRel_{i,j} \cdot TAE_i, \forall i = j \quad (3.2)$$

O percentual geral de acertos táticos (PGAT) pode ser assim definido:

$$PGAT = \frac{S}{n} \quad (3.3)$$

Para o caso hipotético apresentado, o PGAT da matriz é de 25,64%. Caberá ao aprendiz rever sua tática para tentar aumentar o PGAT, o que provavelmente resultará num melhor desempenho na competição, mas sem garantias de vitória. O objetivo é ajustar os valores da diagonal principal aproximando-os de TAE_i para elevar o PGAT. A tabela 3.3 ilustra, hipoteticamente, uma avaliação heurística ideal com 100% de acertos táticos. É evidente que tal avaliação é difícil de se obter, pois, o ajuste de um parâmetro heurístico pode melhorar o desempenho para certos casos de tabuleiros e piorá-los para outros. Na seção 4.6 são apresentados casos reais de melhoria realizado neste estudo com o uso da ferramenta HeuChess+.

Tabela 3.3: Tabulação cruzada com desempenho ideal

Classe	Vant. Brancas	Vant. Pretas	Empate
Vant. Brancas	26 (100,00%)	0 (0%)	0 (0,00%)
Vant. Pretas	0 (0,00%)	26 (100,00%)	0 (0,00%)
Empate	0 (0,00%)	0 (0,00%)	26 (100,00%)

Tabela 3.4: Relação entre as escalas

Relação x_i, x_k	Relação y_i, y_k	Nível de concordância
$c_i < c_k$	$v_i < v_k$	Concordante
$c_i < c_k$	$v_i > v_k$	Discordante
$c_i > c_k$	$v_i < v_k$	Discordante
$c_i > c_k$	$v_i > v_k$	Concordante
$c_i = c_k$	$v_i = v_k$	Par duplicado
$c_i = c_k$	$v_i \neq v_k$	Discordante
$c_i \neq c_k$	$v_i = v_k$	Discordante

3.1.3 Correlação de escalas de Kendall

A correlação de escalas de Kendall é utilizada para medir o grau de similaridade entre duas ordens. A concordância ocorre quando itens avaliados por indivíduos diferentes são colocados na mesma ordem. Em [8] é apresentado o uso deste coeficiente para indicar “ajustes finos” dos parâmetros heurísticos. A seguir descrevemos uma adaptação do modelo adotado por Buro para as necessidades do presente trabalho.

3.1.3.1 Definição aplicada

Dado um conjunto de tabuleiros $T = (t_1, t_2, t_3, \dots, t_m)$, seja $C = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_m)$ a classificação dada para cada elemento de T por enxadristas, seja $V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m)$ a classificação retornada pela avaliação tática do aprendiz para cada tabuleiro. Toma-se um par qualquer (c_i, v_i) e (c_k, v_k) , e compara-se os valores c e os valores v cada um entre si respectivamente. A tabela 3.4, define como ficam as relações entre as escalas.

Seja n o número de comparações feitas entre pares distintos:

$$n = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{k=i+1}^m 1 = \frac{1}{2}m(m-1) \quad (3.4)$$

Seja S^+ o número de pares concordantes e S^- o número de pares discordantes assim definidos:

$$S^+ = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{k=i+1}^m \begin{cases} 1 & , c_i < c_k \text{ e } v_i < v_k \\ 1 & , c_i > c_k \text{ e } v_i > v_k \\ 0 & , \text{ nos outros casos} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$S^- = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{k=i+1}^m \begin{cases} 1 & , c_i < c_k \text{ e } v_i > v_k \\ 1 & , c_i > c_k \text{ e } v_i < v_k \\ 0 & , \text{ nos outros casos} \end{cases} \quad (3.6)$$

Assim o coeficiente de concordância de Kendall pode ser calculado por:

$$\tau = \frac{S^+ - S^-}{n} \quad (3.7)$$

3.1.3.2 Aplicação do coeficiente

Sabe-se que os maiores valores heurísticos calculados para uma configuração de tabuleiro indicam maiores chances de uma dada cor de peça vencer o jogo e os menores valores, as menores chances. Assim, a correlação de Kendall usada também em [8] permite normalizar a avaliação heurística por meio de seu mapeamento em um valor real da escala que vai de -1 (discordância total) a +1 (concordância total).

A tabela 3.1 foi aplicada aqui como base para os cálculos da correlação de Kendall com o apoio de mestres enxadristas. Sendo assim, quando um conjunto de parâmetros heurísticos concorda em escala com os especialistas, é razoável pensar (mesmo sem garantias) que são boas as chances de vitória da tática que incluir esse conjunto em sua definição.

Vale notar que Buro e seus colaboradores de pesquisa aplicaram a correlação de Ken-

dall apenas no contexto de aprendizado de máquina, onde o computador decide quais mudanças efetuar na heurística para aperfeiçoá-la, trabalhando com ajustes automáticos de pesos de vários parâmetros. Já na abordagem educacional do presente trabalho, cabe ao aprendiz tomar a decisão do que deve ser alterado para a melhoria do desempenho de seu esquema tático. Isso implica em considerar não apenas os pesos das peças (vantagem material), mas também aspectos de posição delas no tabuleiro.

Como foi dito anteriormente, Kendall permite verificar se houve “ajustes finos” no esquema tático, se a ordem escalar está melhorando. O PGAT, visto na subseção anterior, permite verificar se houve “ajustes significativos” no esquema, ou seja, se o tabuleiro foi avaliado corretamente em relação as macro-categorias de classificação. Porém, falta ainda apresentar alguma informação que ajude o aprendiz a identificar elementos da heurística que podem estar interferindo nos resultados, seja para melhor ou para pior. A próxima subseção descreve um resultado estatístico que pode auxiliar o aprendiz nessa tarefa.

3.1.4 Frequências de aplicabilidade e não aplicabilidade

De acordo com as especificações da linguagem DHJOG, é possível criar uma tática composta de diversas regras ou componentes heurísticas. Define-se, aqui, frequências de aplicabilidade como sendo a quantidade de tabuleiros em que uma regra foi aplicada. Por sua vez, a quantidade de tabuleiros onde a regra não foi aplicada, é definida como frequências de não aplicabilidade. A seção 4.5.2 apresenta a representação visual destas frequências.

Suponha um cenário de avaliação de tabuleiros usando um conjunto de regras heurísticas qualquer com duas ou mais regras definidas, e onde o PGAT é baixo e/ou Kendall’s é negativo. Se existe alguma regra aplicada na maioria das situações de tabuleiro, é possível que esta regra esteja sendo responsável pelo baixo rendimento do conjunto. O aprendiz poderia então apostar em mudanças nos parâmetros desta regra. No entanto, a aposta de mudança poderia ser também em uma regra heurística que tenha sido muito pouco aplicada e assim comparar os resultados obtidos.

3.2 Relações fundamentais das MRE

Nesta seção abordaremos sobre os aspectos de uso de MRE para aperfeiçoar heurísticas em ambientes de ensino e aprendizagem. Descrevemos também as principais representações adotadas neste trabalho.

3.2.1 Aspectos de MRE para aperfeiçoar heurísticas

De acordo com Ainsworth [1], conforme visto na resenha literária deste trabalho, MRE devem desempenhar algumas funções importantes para diminuir o esforço cognitivo. A linha adotada neste trabalho, de acordo com a taxonomia sugerida por Ainsworth, encontra-se situada sob papéis complementares na função de informação complementar e sob o papel de construção em nível mais profundo (abstrato) do conhecimento.

Nas subseções anteriores apresentamos os diversos tipos de informação resultantes de um cenário de avaliação de esquemas táticos. Cada esquema tático depois de avaliado produz um resultado numérico para cada tabuleiro do conjunto T que é o seu valor heurístico h . Os resultados da avaliação do conjunto de tabuleiros são representados, neste trabalho, nas seguintes formas: (a) tabelas de valores e (b) gráficos normalizados. Embora tabelas sejam representações visuais bastante comuns, estudos já foram realizados comprovando a eficácia de tais representações. Segundo Ainsworth [1], “tabelas tendem a tornar a informação explícita,..., e permitem uma leitura mais precisa e mais rápida”. Gráficos normalizados no plano cartesiano, também chamados de gráficos XY, estão na preferência de escolha de aprendizes, segundo um estudo realizado por Ainsworth [4]. Gráficos também podem ajudar aprendizes a perceberem mudanças significativas nos resultados de suas táticas.

Neste trabalho, os resultados são agrupados em quatro categorias distintas e complementares: (a) valoração de peças inicial, (b) heurísticas de valoração de peças, (c)

heurísticas de valoração de jogo e (d) valor heurístico final. Cada grupo é mostrado em forma tabular, e assim, contempla-se a função de complementação que o uso de MRE deve exercer.

Por outro lado, o aprendiz ou tutor pode detectar quais elementos da heurística estão sendo infrutíferos e decidir pela sua remoção e investir na melhoria das expressões que estão sendo produtivas (veja 3.1.4). Neste caso, a função de construção do conhecimento que uma MRE deve exercer, através da abstração dos elementos que são importantes numa tática de jogo, está sendo coberta pela abordagem.

Outro aspecto de MRE adotado é a visualização simultânea dos dados comparativos entre diversos conjuntos heurísticos da competição de mesmo nível de dificuldade, do tabuleiro selecionado e do código em DHJOG da regra selecionada. A idéia é, por exemplo, que numa fase colaborativa ocorra uma discussão para entender porquê uma heurística foi vencedora e outra não, tomando como base a disposição das peças no tabuleiro. Para uma correta visualização é necessário estabelecer uma ordem criteriosa em que os resultados devem ser visualizados na tabela. Cada linha representa o resultado da avaliação de uma regra de um conjunto heurístico sobre um estado k qualquer. A tabela 3.5 mostra um exemplo da visualização adotada.

3.2.2 Múltiplas representações adotadas

Adotamos três formas de representações externas neste trabalho: (a) Coleção de tabuleiros, (b) Tabelas comparativas de resultados e (c) Gráficos normalizados.

3.2.2.1 Coleção de tabuleiros

O conjunto de tabuleiros (ver 3.1.1) é tratado como uma lista de posições de jogo em formato FEN (Forsyth Edwards Notation), recuperada a partir de um repositório central de tabuleiros. O formato FEN guarda uma representação completa sobre uma dada

posição, pois além da disposição das peças, é possível identificar qual é o jogador da vez, quantos movimentos já foram realizados e principalmente, se ainda estão disponíveis os movimentos de roque grande ou pequeno para ambos os lados. Mais detalhes do formato FEN podem ser vistos em <http://pt.wikipedia.org/wiki/FEN> acessado em 16 de maio de 2008.

Cada posição armazenada no repositório deve ser classificada por um especialista do domínio de acordo com a escala definida na tabela 3.1. Uma anotação textual sobre o tabuleiro também deve ser definida na forma de dicas táticas sobre a posição. Além disto, cada posição é vinculada a uma fase temporal do jogo (e.g. começo, meio ou fim).

3.2.2.2 Tabelas comparativas do processamento heurístico e cálculos estatísticos

Os resultados do processamento são retornados da avaliação na forma de um conjunto de tuplas. Cada tupla contempla os seguintes dados:

1. Conjunto heurístico avaliado;
2. Situação de jogo avaliada (tabuleiro);
3. Regra heurística avaliada;
4. Aplicabilidade da regra;
5. Valor heurístico calculado (VHC);
6. Valor heurístico de cada peça após a avaliação da regra.

As tuplas são apresentadas na forma tabular, em ordem de situação de jogo, conjunto heurístico e pela ordem em que foram avaliadas pela máquina. Assim num mesmo campo de visão ficam disponíveis as tuplas de cada regra dos diversos conjuntos heurísticos, conforme pode ser visto no exemplo hipotético da tabela 3.5. Utilize a seguinte legenda para interpretar as colunas:

Tabela 3.5: Visualização comparativa dos resultados

Conj. Heurístico	Tabuleiro	Regra	Aplicação	VHC	VP	VT	VC	VB	VD
C01	6931	OCUPACENTRO	Sim	0.00	10.00	50.00	120.00	50.00	180.00
C01A	6931	DAMACENTRO	Não	0.00	10.00	50.00	60.00	50.00	90.00
C02	6931	CENTROLIVRE	Não	0.00	30.00	60.00	80.00	70.00	100.00

- VHC - Valor Heurístico Calculado
- VP - Valor relativo de peões
- VT - Valor relativo das torres
- VC - Valor relativo dos cavalos
- VB - Valor relativo dos bispos
- VD - Valor relativo das damas

Os resultados do processamento matemático-estatístico descrito no item 3.1 são visualizados também em forma tabular. Mais exemplos destas tabelas encontram-se descritos no próximo capítulo que descreve o protótipo da ferramenta desenvolvida.

3.2.2.3 Gráficos

Dois tipos de gráficos foram escolhidos para apresentar os dados dispostos nas tabelas: (a) gráficos cartesianos XY e (b) histogramas. Os gráficos XY foram usados para comparar o valor heurístico final do conjunto heurístico de trabalho do aprendiz com outros conjuntos definidos por seus pares ou por ele próprio. O traçado deste tipo de gráfico permite um contraste direto entre os totais de vários esquemas táticos na medida em que todos ficam integrados na mesma escala de visualização. Já os histogramas são utilizados para contrastar os erros e acertos táticos de cada conjunto heurístico separadamente e comparar os resultados de correlação de Kendall.

Outra representação sugerida neste trabalho para representar o coeficiente de correlação de escalas de Kendall refere-se ao lúdico. A idéia é utilizar uma espécie de termômetro que indique se o desempenho está ficando quente (melhorando) ou frio (piorando). Isso é semelhante à brincadeira em que os participantes devem localizar um objeto escondido e alguém fica dando dicas se estão perto (quente) ou longe (frio) do objeto. Mais detalhes encontram-se descritos no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4

A FERRAMENTA HEUCHESS+

Neste capítulo descrevemos o ambiente HeuChess+. A primeira seção descreve a arquitetura do ambiente e uma visão geral dos módulos da ferramenta. As próximas seções apresentam uma descrição mais detalhada de cada módulo. E por fim, a última seção deste capítulo apresenta alguns estudos de casos de uso da ferramenta HeuChess+ na visualização exploratória dos parâmetros heurísticos. Cabe dizer aqui que esta ferramenta foi desenvolvida como um protótipo, e novas funcionalidades devem ser implementadas para um uso efetivo. Veja a seção Trabalhos Futuros para mais detalhes, no próximo capítulo.

4.1 A arquitetura

Para demonstrar os conceitos do capítulo anterior, foi desenvolvido o ambiente HeuChess+. A figura 4.1 mostra uma visão geral da arquitetura funcional dos módulos de software do HeuChess+. Como pode ser visto pelo desenho, tanto aprendizes como tutores humanos usam as ferramentas do ambiente para fins de ensino e aprendizagem. Através da ferramenta, aprendizes podem validar suas táticas definidas mesmo antes de colocá-las numa competição.

O protótipo foi desenvolvido utilizando as seguintes bibliotecas de classes:

- Java JDK 1.6 : bibliotecas de desenvolvimento da linguagem Java;
- PostgreSQL 8.2: banco de dados relacional de código aberto;
- JGraph: biblioteca para criação de grafos de código aberto;
- JFreeChart: biblioteca para criação de gráficos normalizados de código aberto;

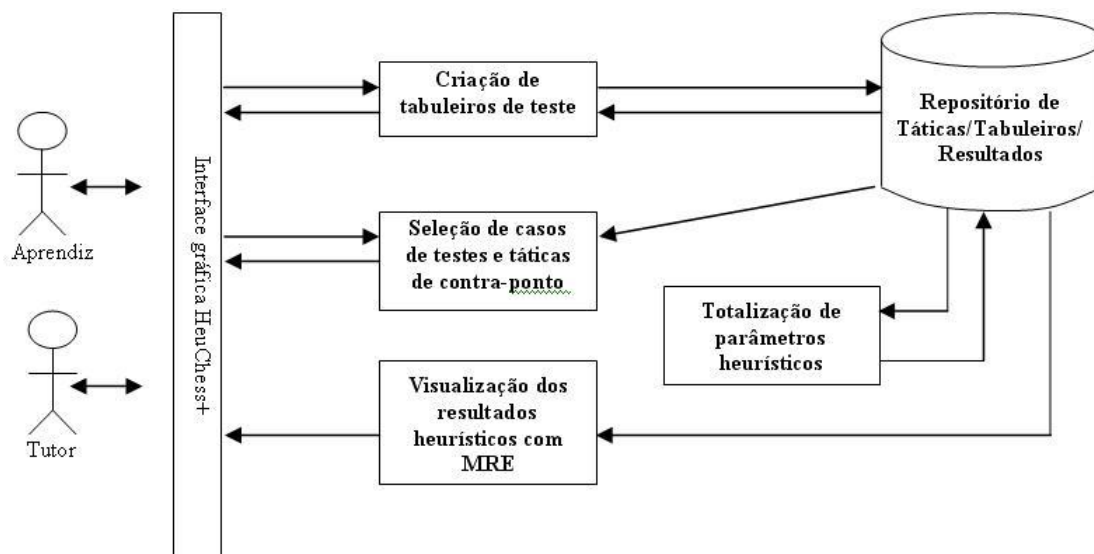


Figura 4.1: Arquitetura do ambiente HeuChess+

- Bsh: biblioteca de código aberto para criação e avaliação de *scripts* java (versão 2.0b4);
- Netbeans 5.5: ambiente de desenvolvimento integrado.

O protótipo foi integrado totalmente à ferramenta HeuChess desenvolvida por Feitosa [20]. Dois atores participam efetivamente do uso da ferramenta, conforme pode ser visto na Figura 4.2. Tutores utilizam a ferramenta para definir situações de jogo comentadas com dicas na forma de texto com o objetivo de ajudar os aprendizes a compreender elementos táticos importantes em cada caso. Tutores também podem utilizar a ferramenta para comparar as heurísticas de diversos aprendizes, além de definir suas próprias táticas de modelo. Aprendizes utilizam a ferramenta para que, uma vez criadas suas táticas, tentem melhorá-las através da visualização dos resultados processados pelo modelo matemático-estatístico definido no capítulo anterior.

4.2 Módulo de criação de situações de jogo

Através deste módulo, tutores podem criar um repositório de situações de jogo. Neste módulo é adotado o conceito de múltiplas representações externas, a fim de facilitar o processo de criação. As situações são representadas no formato FEN e na forma gráfica.

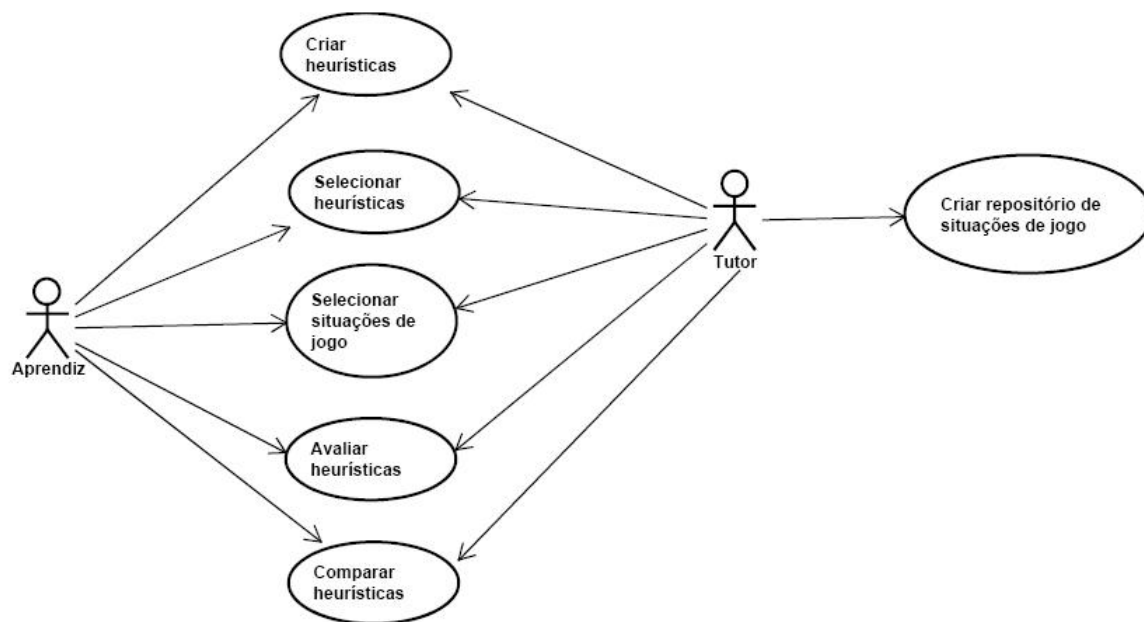


Figura 4.2: Caso geral de uso da ferramenta HeuChess+

O tutor pode escolher entre criar uma situação de jogo ou inserir situações no repositório a partir de arquivos de posições de jogo em formato FEN.

Primeiramente, o tutor tem a possibilidade de inserir diversos tabuleiros a partir de arquivos FEN, conforme visto na Figura 4.3. Neste momento é necessário definir: (a) a classificação do tabuleiro e (b) a fase (etapa) de jogo que o tabuleiro melhor se encaixa. É possível, através da interface proposta, armazenar os tabuleiros um a um, ou vários tabuleiros simultaneamente, aplicando as propriedades para todos os tabuleiros selecionados na lista.

Entretanto, pode ser interessante definir novos tabuleiros com situações pouco exploradas, ou ainda alterar posições a fim de avaliar parâmetros táticos definidos nas heurísticas, como por exemplo táticas baseadas em regiões específicas definidas através da linguagem DHJOG. A Figura 4.4 apresenta a tela de criação de posições. O tutor seleciona cada peça e posiciona-a no diagrama. A representação FEN é atualizada a cada mudança no diagrama. Deve-se definir também o estado de roqueamento da posição, se disponível ou não.

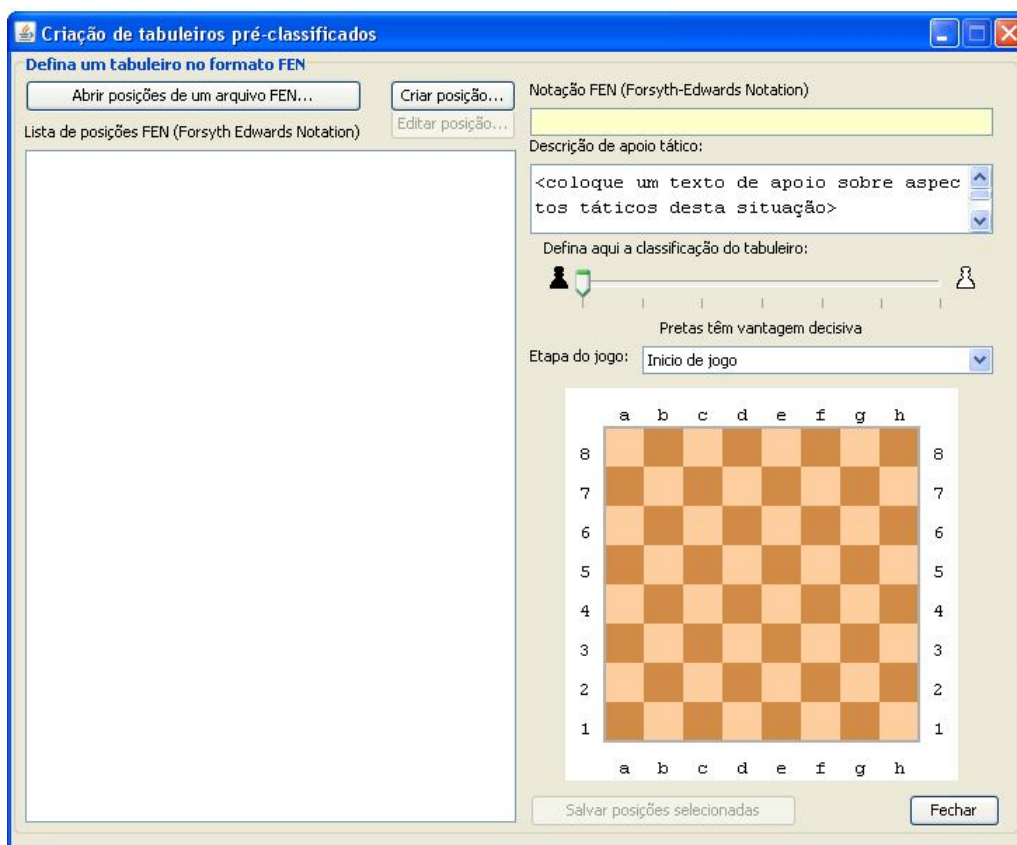


Figura 4.3: Tela de criação de tabuleiros em FEN



Figura 4.4: Tela de criação de posições

4.3 Módulo de seleção de casos de testes e táticas de contra-ponto

O objetivo deste módulo é permitir ao aprendiz/tutor montar um cenário para avaliar o desempenho das táticas que sejam supostamente as concorrentes da sua tática de trabalho. Assim, o cenário de teste fica constituído de três elementos: (a) a tática de trabalho; (b) um ou mais tabuleiros para servirem de base para a avaliação; (c) opcionalmente, uma ou mais táticas para servirem de contra-ponto à tática de trabalho.

A tática de trabalho contém o conjunto das expressões heurísticas que o aprendiz/tutor deseja aperfeiçoar. Por sua vez, o conjunto de expressões heurísticas é composto de dois grupos: (a) expressões de valoração relativa das peças (vantagem material) e (b) expressões de valoração da posição das peças no tabuleiro (vantagem posicional). Cada expressão é formada por uma regra de produção do tipo “Se <condição>então <operação de valoração>”. Ambos os grupos encontram-se encapsulados dentro de um objeto denominado de etapa de jogo, que pode ser criado dependendo do nível de habilidade do autor da regra (consulte [20] para mais detalhes sobre os níveis de habilidade). Sendo assim, é possível construir um cenário de análise comparativa por meio de aspectos temporais, ou seja, selecionar situações que se aplicam ao início, ao meio ou ao fim de um jogo. O aprendiz/tutor poderá aperfeiçoar a sua tática para cada etapa de uma partida.

Considerando a tabela de classificação de Kendall’s, vista na seção 3.1.1, o aprendiz/tutor pode selecionar as posições em torno das macro-categorias da tabela. Evidentemente, numa situação normal de jogo, as vantagens se alternam de lado e, portanto, todos os tipos de tabuleiro devem ser avaliados. Entretanto, acredita-se que para efetuar ajustes de escala, seja preferível focar o processo em cada macro-categoria distintamente, contudo, mais estudos deverão ser feitos para evidenciar isto, os quais fogem do escopo deste trabalho.

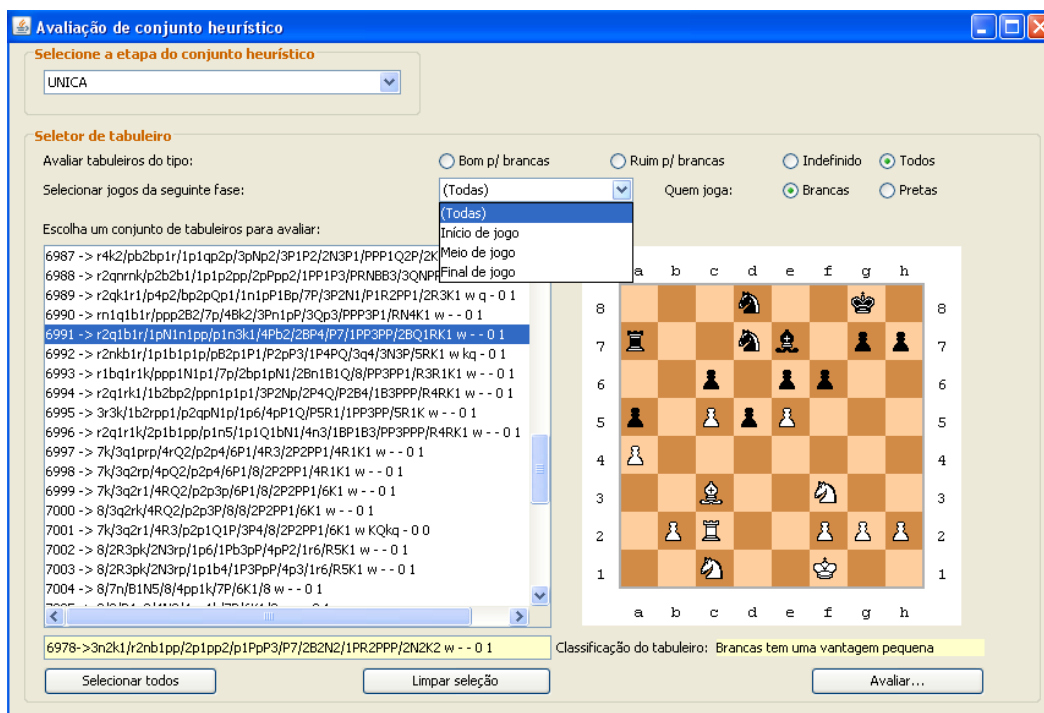


Figura 4.5: Seleção de tabuleiros de teste

A Figura 4.5 mostra a interface de seleção de tabuleiros de testes do ambiente HeuChess+. É importante destacar que este processo também faz uso dos conceitos de múltiplas representações externas - MRE [1] para apoiar a construção do cenário de teste, sob o aspecto de representações complementares e equivalentes. A figura mostra um tabuleiro selecionado onde o próximo movimento será feito pelas brancas, e cuja avaliação dada por especialistas consultados foi de uma vantagem pequena para as brancas.

Os tabuleiros são buscados no repositório levando-se em consideração a etapa e qual é o jogador da vez. No formato FEN existe um campo que indica de quem é a vez de jogar. Assim, a lista de tabuleiros é preenchida de acordo com as opções escolhidas na interface. Uma vez selecionados os tabuleiros que devem ser avaliados, o aprendiz/tutor poderá comparar o desempenho de sua tática de trabalho com o desempenho de outras táticas criadas por ele mesmo ou por outros competidores do seu ambiente de contato. Espera-se melhorar ainda mais o ambiente de competição e colaboração definido (veja [37]). Principalmente depois de uma competição simulada, a mediação do tutor humano deverá ser mais eficaz ainda para promover a discussão, em conjunto com todos os aprendizes, de

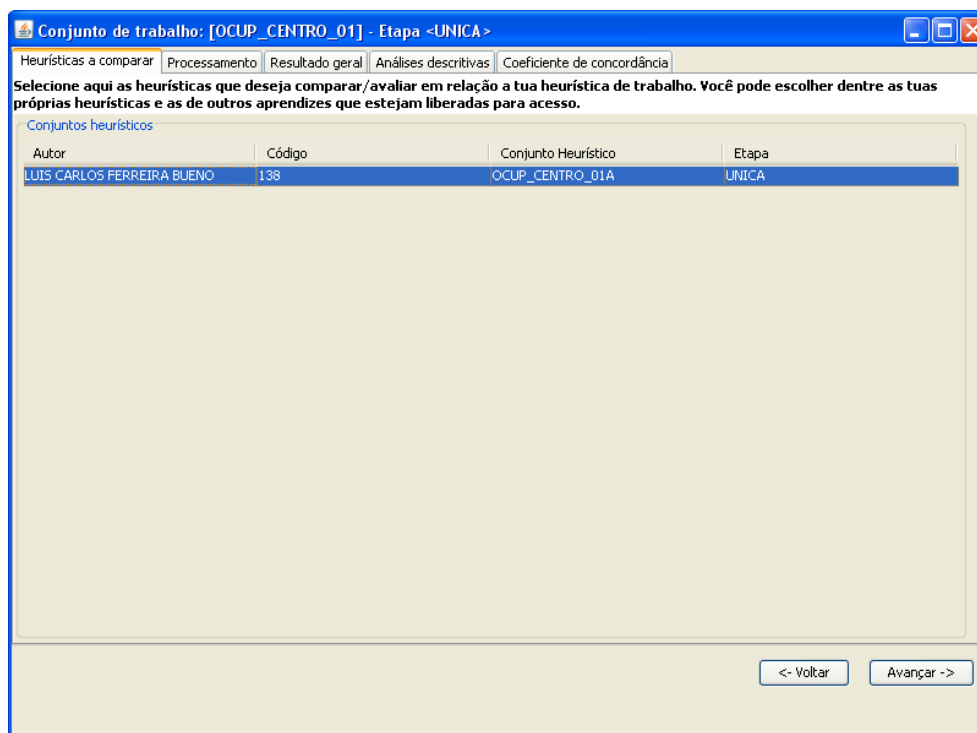


Figura 4.6: Seleção de táticas de contra-ponto

quais táticas estão mais bem representadas mesmo sem terem vencido a competição.

A Figura 4.6 mostra a interface de seleção de táticas. Como pode ser visto, esta interface está integrada às interfaces de processamento e visualização de resultados. Em razão de um conjunto heurístico possuir uma ou mais etapas, deve-se escolher o conjunto de regras levando-se em consideração a etapa. Cabe ao aprendiz ou tutor selecionar as etapas para comparação adequadamente. Cremos que não faz sentido comparar heurísticas de uma etapa de início de partida com heurísticas focadas no meio ou final de partida. Observe que a tática de trabalho encontra-se em evidência no título da janela.

4.4 Módulo de totalização de parâmetros heurísticos

O totalizador de parâmetros heurísticos é o módulo responsável pela execução das regras táticas definidas com a linguagem DHJOG. Este módulo faz o cálculo e aplicação dos valores resultantes de cada regra e o cálculo do valor heurístico final de cada posição de

tabuleiro do cenário de testes. Para poder realizar este processamento foi desenvolvido um pseudo-tradutor da linguagem DHJOG, aqui chamado de Interpretador Heurístico, para *scripts* em Java. A seguir descrevemos o procedimento de interpretação e algumas considerações sobre a avaliação simétrica de vantagens e desvantagens.

4.4.1 Interpretador heurístico

O interpretador recebe como parâmetros de entrada: (a) uma coleção de tabuleiros de teste pré-classificados; (b) um ou mais conjuntos de táticas a avaliar; (c) uma indicação do ponto de vista segundo o qual a tática deve ser avaliada (do ponto de vista das peças “brancas” ou das “pretas”). Inicialmente, para cada regra heurística, o interpretador traduz o código DHJOG para Java, e então executa o *script* Java. O *script* retorna um valor lógico que indica a aplicabilidade da regra. Isto é feito para cada tabuleiro de teste selecionado pelo aprendiz/tutor. As expressões são avaliadas na seguinte ordem: primeiro as expressões que alteram valores de peças e depois as expressões que alteram o valor do tabuleiro analisado. Todas as expressões são avaliadas na ordem em que foram implementadas. Muito embora a ferramenta HeuChess, definida por Feitosa, permita criar regras heurísticas para transicionar entre etapas, nos níveis mais avançados de habilidade, o interpretador não as avalia neste momento. O objetivo aqui não é determinar mudanças entre etapas, mas efetuar os cálculos sobre a etapa selecionada.

Todas as operações realizadas pelo interpretador são anotadas num registro de texto (*log*) que pode ser visualizado no término do processo. Através desse registro, o aprendiz/tutor poderá ver a ordem exata em que as regras foram avaliadas. A Figura 4.7 mostra a interface de ativação do processo. Cabe dizer aqui, que neste trabalho nenhuma consideração quanto a tempo de processamento foi verificada. Pelos experimentos que fizemos, o ideal seria trabalhar com um conjunto não muito grande, mas de posições significativas do ponto de vista tático, e bastante variadas. Por se tratar de um procedimento interpretado é um processo lento de ser realizado.

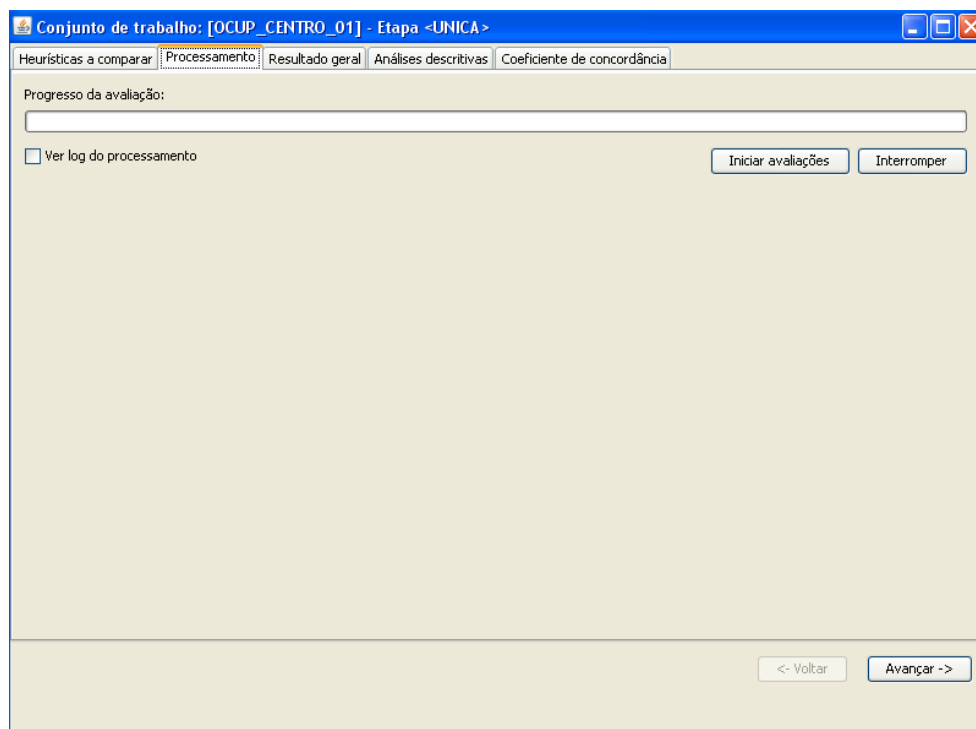


Figura 4.7: Ativação do interpretador

Depois que todas as expressões heurísticas são avaliadas, enfim, é calculado o valor final do tabuleiro. Esse valor, na área de Inteligência Artificial é conhecido como o resultado da Função de Avaliação Estática da configuração do tabuleiro, que pode ser tanto positivo ou negativo. Se o valor é positivo, isso significa que o tabuleiro apresenta uma vantagem material ou posicional (tática) para quem detém as peças da cor fornecida na definição da tática de trabalho. Se o valor é negativo, isso significa que o adversário daquela cor tem a vantagem. Finalmente, os resultados de cada expressão e o valor heurístico final de cada tabuleiro são armazenados para posterior visualização pelo aprendiz ou pelo tutor humano.

4.4.2 Avaliação simétrica

Entende-se aqui como avaliação simétrica, a verificação das regras heurísticas definidas pelo aprendiz aplicadas ao oponente selecionado. Tendo em vista que o objetivo de uma

regra é alterar o valor de jogo final em função de certas características presentes em um tabuleiro, que podem ser consideradas vantajosas ou não para o autor da tática, é lógico avaliar se as mesmas características se encontram presentes do ponto de vista do oponente. Se uma regra se aplica ao oponente, seu efeito deve ser nulo, pois entende-se, até o presente momento, que não existe uma vantagem real se a característica existe para ambos os adversários. Por exemplo, se uma regra considera a presença da dama no tabuleiro como vantagem, isto somente será verdadeiro se a dama oponente não estiver presente. Se ainda assim o aprendiz desejar afirmar como vantagem, a regra deverá ser mudada para prever a presença da dama do oponente na sua tática.

Como outro exemplo, vejamos o estado de roqueamento. O fato de um roque pequeno ou grande ser possível para um jogador, será considerado verdadeiro pelo totalizador se e somente se o oponente não tiver a mesma possibilidade. A Figura 4.8 ilustra uma definição de regra heurística, através da ferramenta HeuChess, que incrementa o valor relativo das torres caso o roque pequeno seja possível. Ao avaliar, o interpretador analisa a mesma regra como se fosse o oponente. Se a regra for aplicável para ambos, ela não será aplicada ao tabuleiro. A Figura 4.9 ilustra como deveria ficar a regra considerando a avaliação simétrica, na hipótese que o aprendiz queira incrementar o valor da torre mesmo que o roque pequeno seja possível para o oponente e assim não anular os efeitos da regra.

4.5 Módulo de visualização de resultados com uso de MRE

Este módulo contém os componentes necessários para visualizar os resultados e análises do processamento das táticas. Encontra-se dividido em três partes principais: (a) resultados gerais comparativos (brutos), (b) erros e acertos táticos e aplicabilidade de regras e (c) cálculo e visualização da correlação de Kendall.

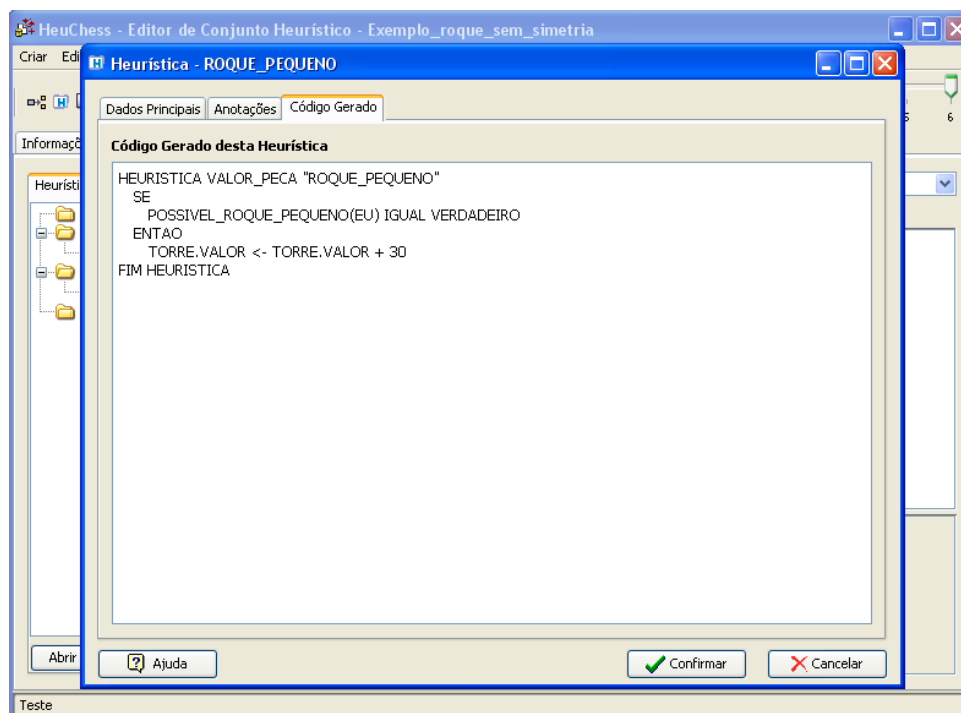


Figura 4.8: Heurística de exemplo de avaliação simétrica

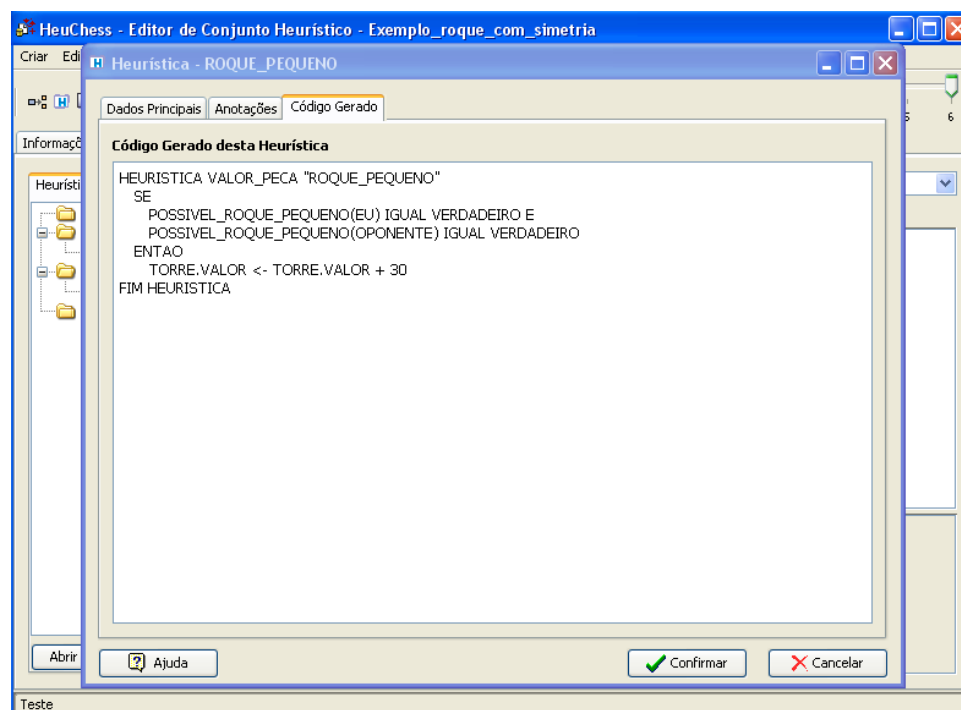


Figura 4.9: Heurística de exemplo - evitando a avaliação simétrica

4.5.1 Resultados gerais comparativos de táticas

O módulo de visualização permite ao aprendiz observar de múltiplas formas o comportamento dos conjuntos de táticas e seus valores heurísticos. A Figura 4.10 mostra uma parte da interface de visualização da ferramenta HeuChess+. Essa tela ilustra o uso de uma das técnicas de MRE onde a visualização do desempenho das táticas se dá por meio da tabulação dos valores heurísticos resultantes da aplicação de regras relacionadas com a verificação da condição de uma peça estar ou não presente na região central do tabuleiro. As regras são mostradas de acordo com os seguintes grupos:

- Valoração inicial de peças: mostra apenas os valores de inicialização relativa das peças no início do processamento da etapa selecionada. Portanto, não está relacionada a nenhuma regra definida.
- Regras de valoração de peças: mostra apenas as regras de valoração relativas de peças definidas;
- Regras de valoração de jogo: mostra apenas as regras adotadas para alterar o valor de jogo final;
- Valor final de jogo: mostra o valor heurístico calculado(VHC) final, após todas as regras terem sido avaliadas.

Na primeira linha da tabela, mostrada na Figura 4.10 aparece o resultado da regra OCUPACAOCENTRO01 do conjunto heurístico OCUPCENTRO01 para o tabuleiro 6931. Esta é uma tática hipotética que incrementa o valor da dama e do cavalo caso o jogador da vez tenha a maior quantidade de peças no centro. Na segunda linha é mostrado o resultado da regra DAMANOCENTRO de um novo conjunto denominado de OCUPCENTRO01A. Esta tática incrementa o valor da dama se ela estiver presente no centro do tabuleiro. Assim é possível comparar visualmente os resultados entre as diversas táticas de cada conjunto heurístico. Cada linha mostra se a regra foi aplicada, o valor heurístico de jogo após a avaliação da regra (VHC), os valores relativos de cada peça de acordo com

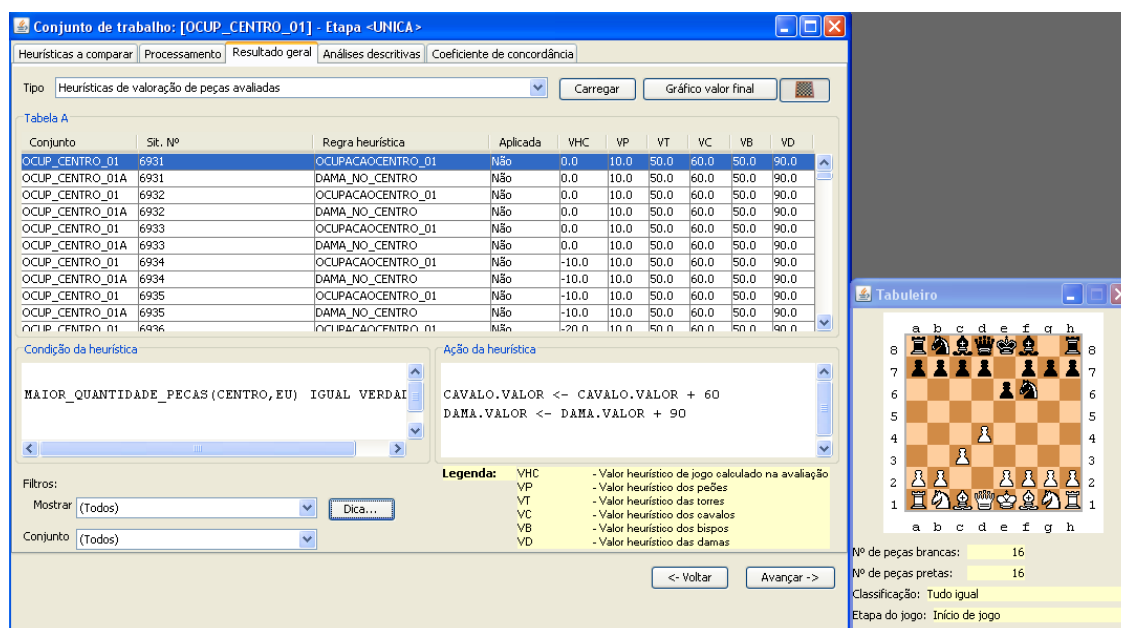


Figura 4.10: Resultados da avaliação sobre as regras

a legenda em destaque.

O aprendiz pode ver simultaneamente os valores processados em cada expressão heurística, o texto condicional e o texto de ação da regra. Além disso, ao clicar em cada linha da tabela, o aprendiz pode observar a configuração do tabuleiro e dados complementares em MRE como: (a) quantidade de peças de cada lado do tabuleiro; (b) classificação do especialista; (c) etapa do jogo (início, meio ou fim). No canto superior direito da figura existe um botão que liga e desliga a visualização do tabuleiro.

Dois tipos de filtros podem ser aplicados sobre a visualização dos resultados: (a) quanto à aplicação da regra e (b) quanto ao conjunto tático. Os atores podem selecionar entre mostrar todas as situações, apenas as regras que foram aplicadas ou apenas as que não foram aplicadas aos tabuleiros. Também podem decidir visualizar apenas as regras de um conjunto tático específico. A ativação dos filtros é feita através das listas suspensas visíveis no lado inferior esquerdo da figura. Também está disponível o texto de ajuda tática comentado sobre cada tabuleiro que o aprendiz pode visualizar clicando no botão “Dica...”.

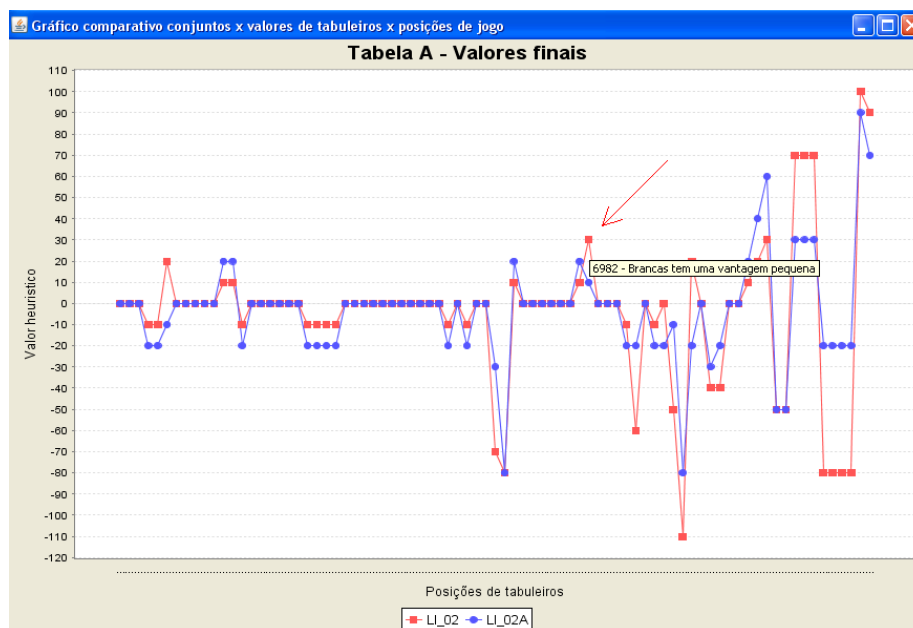


Figura 4.11: Arquitetura do ambiente HeuChess+

E ainda, o aprendiz/tutor pode visualizar através dessa mesma interface os valores finais de cada tabuleiro e compará-los através de um gráfico cartesiano que integra os traçados das várias táticas na mesma superfície de apresentação. Através desse gráfico, o aprendiz consegue perceber quais tabuleiros foram corretamente avaliados pela tática e quais não foram. No gráfico da Figura 4.11, o eixo Y registra os valores finais após o processamento dos conjuntos de expressões heurísticas de duas táticas. No eixo X encontram-se os tabuleiros avaliados.

No caso hipotético da Figura 4.11, duas táticas estão em comparação: o conjunto LI02 e o conjunto LI02A. Quando o aprendiz/tutor seleciona um ponto do gráfico (indicado pela seta) aparece um balão informativo indicando qual é o tabuleiro desse ponto e a sua classificação dada pelo especialista. Considerando que o tabuleiro “6982” que está em evidência foi classificado como “vantagem pequena para as brancas”, entende-se que o conjunto LI02A apresenta melhor desempenho neste ponto que o LI02 pois seu valor final é menor e mais próximo do eixo zero.

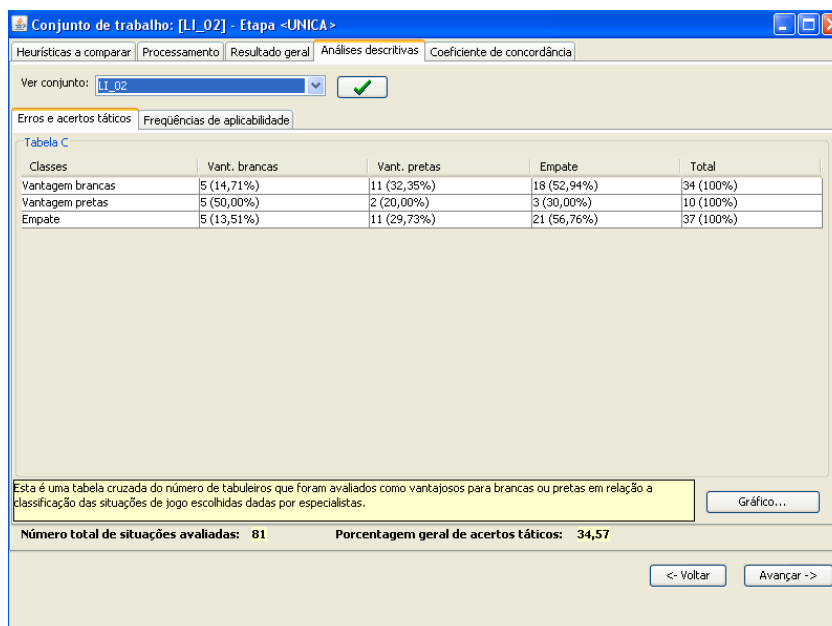


Figura 4.12: Visualização de erros e acertos táticos

4.5.2 Visualização de erros/acertos táticos e aplicabilidade de regras

A Figura 4.12 apresenta a visualização dos erros e acertos táticos dos conjuntos heurísticos. Por razões de espaço na janela, não é possível visualizar os diversos conjuntos simultaneamente. No exemplo da figura, a tabela contém os resultados do conjunto LI02. Abaixo do texto descritivo em destaque, aparece o cálculo do PGAT, e o número total de tabuleiros avaliados.

Integrada na mesma interface é possível visualizar um histograma representativo desta tabela, veja a figura 4.13. As colunas (séries) representam as macro-categorias de classificação (linhas da tabela) e as barras representam os valores absolutos da contagem de tabuleiros em cada classe, também agrupados em macro-categorias. Como pode ser visto, o conjunto tático proposto, apresenta melhores resultados em situações classificadas como empate, pois a maioria dos tabuleiros também foram avaliados assim.

Na figura 4.14, por sua vez, são mostrados os resultados das frequências de aplicabilidade, discutidas na seção 3.1.4. No exemplo, podem ser vistos os resultados do conjunto

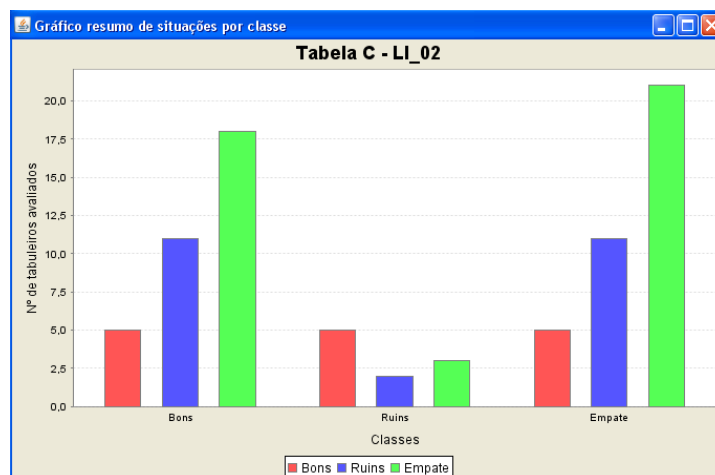


Figura 4.13: Histograma de erros e acertos táticos

tático OCUPCENTRO01. Neste caso, a regra OCUPACAOCENTRO01 interferiu nos resultados finais em apenas 33,33% dos casos de teste.

4.5.3 Visualização de Kendall com uso de MRE

A correlação de escalas de Kendall detalhada na seção 3.1.3, trata-se de um índice que pode variar entre -1 e 1. Sendo assim propomos neste trabalho uma visualização simultânea do indicador usando a forma tabular e uma espécie de termômetro, aqui denominado de termômetro escalar, onde 1 representa quente e -1 representa frio. Na Figura 4.15 podem ser vistas duas táticas sendo comparadas. Ao selecionar uma tática, o termômetro a direita é automaticamente ajustado para representar o valor da tabela.

No exemplo da figura, a tática OCUPCENTRO01 em termos escalares é melhor que a tática OCUPCENTRO01A. Isto pode ser visto também, opcionalmente, na forma de um histograma.

4.6 Estudo de casos de aperfeiçoamento de regras com a ferramenta HeuChess+

Nesta seção apresentamos dois estudos de caso simples, onde se acredita, pelos indicadores visualizados na ferramenta HeuChess+ que houve uma sensível melhora tática. Apesar

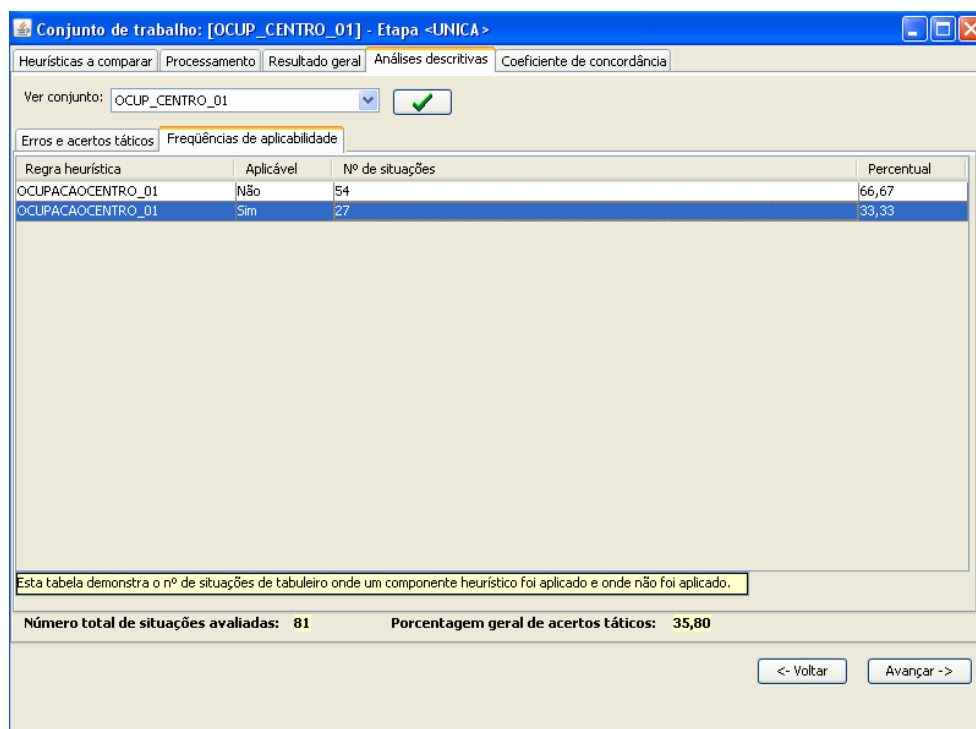


Figura 4.14: Visualização das frequências de aplicabilidade

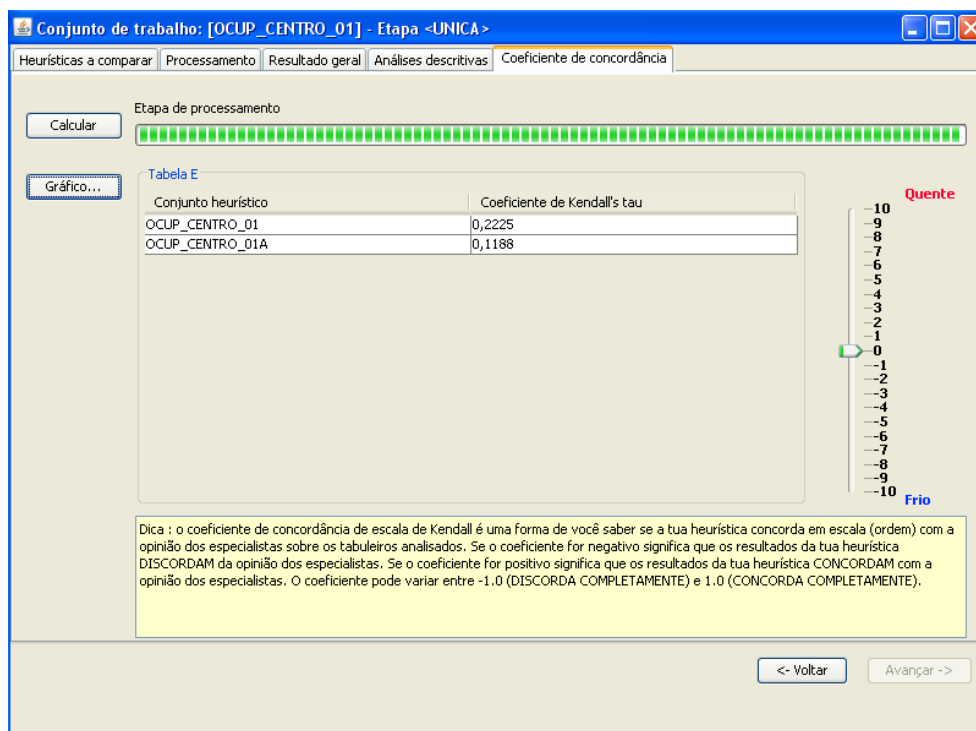


Figura 4.15: Visualização de Kendall com MRE

das táticas estudadas aqui parecerem fracas ou implausíveis do ponto de vista enxadrístico, vale lembrar que aprendizes, especialmente iniciantes, também poderão criar táticas fracas. Esta ferramenta foi criada com o propósito de ajudá-los a transformar suas táticas fracas em táticas mais razoáveis e com melhores chances de vitória em uma competição.

Por questões de tempo de processamento optou-se por utilizar uma amostra pequena de tabuleiros, ainda que não significativa, apenas para propósitos de testes da ferramenta. Inicialmente foram escolhidas 100 posições de tabuleiros oriundas de estudos encontrados em sítios especializados (e.g. <http://www.chessgames.com/> - acessado em 20/07/2007). Após uma triagem feita pelos especialistas em xadrez apenas 81 posições foram mantidas, por serem mais representativas do ponto de vista tático. Estas posições foram classificadas de acordo com a tabela 3.4. Como não existem etapas a considerar, tabuleiros de todas as fases do jogo participaram do teste. Também foram considerados todos os tabuleiros quanto ao tipo de classificação: bons, ruins e empate.

O primeiro caso trata-se de duas táticas definidas no nível de iniciante na linguagem DHJOG. Segundo as definições dadas por Feitosa, neste nível apenas os valores relativos de peças podem ser atribuídos uma única vez. Não é possível definir etapas, regiões, e neste nível não existem regras de valoração de peças e de valoração de jogo. Assim somente ajustes de pesos relativos podem ser feitos e o valor heurístico é puramente a vantagem/desvantagem material do jogador da vez. Neste nível não é possível verificar frequências de aplicabilidade, pois não existem regras definidas.

Duas táticas denominadas LI02 e LI02A foram criadas. A tática LI02 atribui os seguintes pesos relativos: Peões=10, Torre=30, Cavalo=50, Bispos=80 e Damas=90. A tática LI02A foi criada como uma aposta de melhoria dos pesos com os seguintes valores: Peões=20, Torre=30, Cavalo=40, Bispos=50 e Damas=100. A tabela 4.1 apresenta os resultados de erros e acertos táticos da tática LI02 e seu PGAT final é de 34,57%. Ao compararmos com a tática LI02A percebemos que esta se comportou melhor, conforme

Tabela 4.1: Erros e acertos táticos de LI02

Classe	Vant. brancas	Vant. pretas	Empate	Total
Vantagem brancas	5 (14,71%)	11 (32,35%)	18 (52,94%)	34 (100%)
Vantagem pretas	5 (50,00%)	2 (20,00%)	3 (30,00%)	10 (100%)
Empate	5 (13,51%)	11 (29,73%)	21 (56,76%)	37 (100%)

Tabela 4.2: Erros e acertos táticos de LI02A

Classe	Vant. brancas	Vant. pretas	Empate	Total
Vantagem brancas	5 (14,71%)	12 (35,29%)	17 (50,00%)	34 (100%)
Vantagem pretas	3 (30,00%)	4 (40,00%)	3 (30,00%)	10 (100%)
Empate	5 (13,51%)	11 (29,73%)	21 (56,76%)	37 (100%)

pode ser visto na tabela 4.2, cujo PGAT é de 37,04%.

Entretanto ao verificarmos o coeficiente de correlação de escalas de Kendall, observamos que LI02 tem uma concordância de escala maior (0,0231) que LI02A (-0,2586). Isto é perfeitamente compreensível, pois o PGAT e Kendall são independentes e verificam características diferentes nos resultados apurados. Assim, cremos que o primeiro alvo a ser perseguido pelo aprendiz deve ser de melhorar o PGAT e, em seguida, fazer pequenas modificações em suas táticas para melhorar a correlação de escalas. Por exemplo, ao invés de mudar os pesos de várias peças, poderia mudar apenas o valor relativo de uma única peça em poucas unidades.

No apêndice A encontra-se a tabela de resultados comparativos entre os dois conjuntos. A tabela contém o valor heurístico calculado para cada situação de tabuleiro e os respectivos valores relativos de peças aplicados. Neste caso, o cálculo do valor final é aplicado para todos os tabuleiros.

O segundo caso trata-se da comparação de dois conjuntos heurísticos em nível básico. Neste nível, apenas uma etapa é definida com pesos relativos iniciais das peças. O autor pode definir regiões de tabuleiro e regras para alterar o valor relativo das peças. Tanto o primeiro conjunto (OCUPCENTRO01) como o segundo (OCUPCENTRO01A) inicia-

Tabela 4.3: Erros e acertos táticos de OCUPCENTRO01

Classe	Vant. brancas	Vant. pretas	Empate	Total
Vantagem brancas	6 (17,65%)	11 (32,35%)	17 (50,00%)	34 (100%)
Vantagem pretas	5 (50,00%)	2 (20,00%)	3 (30,00%)	10 (100%)
Empate	6 (16,22%)	10 (27,03%)	21 (56,76%)	37 (100%)

Tabela 4.4: Erros e acertos táticos de OCUPCENTRO01A

Classe	Vant. brancas	Vant. pretas	Empate	Total
Vantagem brancas	7 (20,59%)	10 (29,41%)	17 (50,00%)	34 (100%)
Vantagem pretas	5 (50,00%)	2 (20,00%)	3 (30,00%)	10 (100%)
Empate	6 (16,22%)	10 (27,03%)	21 (56,76%)	37 (100%)

lizam as peças com os mesmos valores: Peões=10, Torre=50, Cavalo=60, Bispos=50 e Damas=90. A tática 01 considera importante a presença dos cavalos e da dama na região central do tabuleiro e dobra o valor destas peças caso esta situação seja verificada. A tabela 4.3 mostra os erros e acertos da tática OCUPCENTRO01, tendo um PGAT de 35,80%.

A tática OCUPCENTRO01A acrescenta uma nova regra, considerando desvantajosa a presença de peões no centro do tabuleiro, pois isto poderia impossibilitar o deslocamento tático da dama ao longo do tabuleiro. Assim, a tática diminui o valor dos peões pela metade e da dama em 90 pontos. Como pode ser visto pela tabela 4.4, esta atitude aumentou o PGAT para 37,04%. Coincidentemente o mesmo valor alcançado pela tática LI02A. Os resultados de correlação de escalas para OCUPCENTRO01 e OCUPCENTRO01A foram de 0,0781 e $-0,0676$, respectivamente.

4.7 Um caso de retrocesso do PGAT

Muitas vezes, a mudança dos parâmetros de uma regra pode causar o retrocesso de resultados já obtidos. Tomemos como base o conjunto LI02A. Uma aposta de mudança

poderia ser aumentar o valor dos cavalos em 10 unidades, considerando a capacidade de movimentação que um cavalo possui no jogo de xadrez.

Assim, criamos uma regra denominada LI02B que aumentou o valor relativo do cavalo para 50. Ao avaliarmos os resultados percebemos que houve uma diferença do PGAT em quase dois pontos percentuais, retrocedendo para 35,8%. Entretanto, a correlação de Kendall, neste caso, se mostrou melhor com um resultado de -0,1836.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Apresentamos neste trabalho de mestrado conceitos lógicos e matemáticos para apoiar aprendizes e tutores no aperfeiçoamento de táticas de jogo de fundo heurístico. Para ilustrar os conceitos foi desenvolvida uma ferramenta na forma de protótipo denominada HeuChess+. Este trabalho encontra-se inserido no projeto PROTEX [19], e foi desenvolvido como uma expansão à ferramenta HeuChess desenvolvida no trabalho de mestrado do Feitosa [20].

Considerando o contexto desta proposta, fizemos um estudo sobre trabalhos que apresentam a colaboração e a competição como técnica de aprendizagem. Abordamos cada aspecto separadamente: (a) Colaboração, (b) Competição e (c) O uso em conjunto da Colaboração e Competição. Concluimos que a maioria dos autores exaltam o aprendizado colaborativo, em detrimento da competição por causa de seus aspectos negativos. Poucos textos apresentam o uso em conjunto para aproveitar os aspectos positivos das duas abordagens. Este projeto insere-se no uso alternado da colaboração com a competição, provendo aos aprendizes e tutores um ambiente inovador de aprendizado, e com o apoio da ferramenta, tutores e aprendizes podem discutir em conjunto os efeitos das táticas criadas.

Outra característica buscada na resenha, e também relevante para o presente projeto, é a visualização dos efeitos de parâmetros heurísticos desejáveis em uma estratégia de jogo, sob múltiplas formas de representação (MRE). A ferramenta foi criada seguindo a taxonomia adotada por Ainsworth [1].

5.1 Vantagens e resultados

Dois avanços significativos foram feitos com a conclusão deste trabalho. O primeiro diz respeito à própria construção da ferramenta que permite executar as heurísticas definidas pela linguagem DHJOG. O protótipo foi criado como uma expansão do código já existente e aproveitou toda uma estrutura de objetos da ferramenta HeuChess. Sem isto não seria possível a integração.

O segundo avanço diz respeito à definição de conceitos matemático-estatísticos que ajudam a entender o comportamento das heurísticas antes mesmo de executá-las numa competição real. Abre-se também uma possibilidade de usar a ferramenta para avaliar as próprias táticas tradicionais no meio enxadrístico, por exemplo, a evolução do conceito de “Domínio de centro ” e outras. Para isto, entretanto, talvez sejam necessárias expansões formalizadas na linguagem DHJOG e na própria ferramenta HeuChess+.

Além destes avanços, destacamos alguns resultados, que esperamos, a ferramenta venha a produzir por ocasião de sua completa utilização em um ambiente real de ensino:

- Ampliação do entendimento de aprendizes/tutores sobre as heurísticas e seus efeitos, melhorando por sua vez, a troca de idéias nas fases de colaboração.
- Em [14] é dito que “Existe um vácuo tecnológico e pedagógico que precisa ser preenchido para que o ensino das técnicas de heurísticas e meta-heurísticas se torne mais acessível para o corpo discente...No entanto, a simples exposição de cada técnica não provê ao aluno a aprendizagem significativa necessária para a real compreensão do fenômeno que está sendo investigado. Para que uma técnica seja eficientemente explorada e compreendida pelo aluno, ele precisa verificar como seu funcionamento altera as soluções encontradas no decorrer do processo, assim como os parâmetros alteram as mesmas ”. Sendo assim, esta ferramenta surge como um objeto neste vácuo, que pode ser utilizado por professores de IA para apoiar o ensino de heurísticas e meta-heurísticas.
- Simplicidade de uso, justamente pelo fato de estar integrada à ferramenta de autoria da linguagem DHJOG.

- Possibilidade de expansão do modelo adotado para outros tipos de jogos educacionais de fundo heurístico, que utilizam funções de avaliação estática.

5.2 Desvantagens/limitações

Descrevemos aqui algumas limitações do presente trabalho:

- O trabalho é focado apenas para o xadrez, o que restringe o uso inicial da ferramenta em si;
- O ensino introdutório de heurísticas fica ainda a cargo do tutor humano. O uso da ferramenta no ensino de heurísticas se restringe àquelas que fazem uso de funções de avaliação estática, como o MINIMAX;
- Pelo fato da ferramenta HeuChess ter sido projetada para interfaces gráficas de 800x600 pontos de resolução, mantivemos o mesmo padrão na ferramenta HeuChess+. Isto dificulta a visualização simultânea de todas as representações relevantes. Por exemplo, na seção 4.5, é dito que ao clicar numa linha da tabela o aprendiz pode visualizar o tabuleiro indicado na linha. O tabuleiro é mostrado em uma janela separada, o que pode ocultar informações importantes devendo ser movida. O ideal seria se estivesse integrada na janela de visualização principal.

5.3 Trabalhos futuros

Destacamos algumas atividades para a continuidade deste trabalho:

1. A completa integração da ferramenta no ambiente CACAREJE, sendo desenvolvido pelo Departamento de Informática da UFPR;
2. Por não estarmos preocupados, inicialmente, com questões de desempenho, talvez seja a necessária a expansão e melhoria dos algoritmos de interpretação da linguagem DHJOG para um padrão nativo às demais ferramentas do modelo em desenvolvimento no projeto PROTEX, bem como incorporação de novas primitivas e interpretação das mesmas;

3. Melhoria na visualização das interfaces e disposição dos elementos em tela, como a adequação para um novo padrão de resolução mais atual. Por exemplo, na visualização dos tabuleiros poderiaa ser mostradas quais peças já foram capturadas de ambos os lados, seria uma informação complementar que poderia ajudar o aprendiz a compreender a aplicabilidade de suas táticas;
4. Expansão da base de dados de situações de jogo, contendo posições com mais aspectos táticos descritos;
5. Expansão da base de dados de avaliações para manter os resultados de cada ciclo avaliativo, criando novas interfaces de visualização, com o registro histórico da evolução de uma tática;
6. Aplicar os conceitos e a ferramenta HeuChess+ num caso real de aprendizado em uma ambiente escolar com o propósito de avaliar os reais benefícios no aprendizado;
7. Mais estudos devem ser feitos para verificar se é possível através de mudanças nas regras de uma tática, produzir melhoras no PGAT e correlação de Kendall conjuntamente, em ambos os indicadores. Este exemplo seria importante para estimular os aprendizes a evoluir seu raciocínio tático;
8. Criação de uma ferramenta própria para o tutor visualizar as táticas criadas pelos aprendizes numa única interface, permitindo a comparação dos códigos-fontes em DHJOG entre si.

APÊNDICE A

TABELAS DE RESULTADOS COMPARATIVOS

A.1 Estudo de caso 1

A tabela abaixo apresenta os resultados da avaliação heurística do primeiro estudo de caso visto na seção 4.6. Por razões de espaço, decidimos colocar apenas os resultados dos primeiros 30 tabuleiros avaliados. Apenas o valor final calculado é retornado, por se tratar de um conjunto tático de nível iniciante e apenas os valores relativos de peças são definidos pelo autor do conjunto. O VHC provém da soma dos valores relativos de peças do jogador menos a soma dos valores relativos de peças do oponente.

Tabela A.1: Resultado geral da avaliação heurística dos conjuntos LI02 e LI02A

Cjto	Sit.	Regra	Aplic	VHC	VP	VT	VC	VB	VD
LI02	6931	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6931	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6932	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6932	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6933	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6933	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6934	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6934	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6935	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6935	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6936	VALOR FINAL	Sim	20.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6936	VALOR FINAL	Sim	-10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6937	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6937	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6938	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0

LI02A	6938	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6939	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6939	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6940	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6940	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6941	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6941	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6942	VALOR FINAL	Sim	10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6942	VALOR FINAL	Sim	20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6943	VALOR FINAL	Sim	10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6943	VALOR FINAL	Sim	20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6944	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6944	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6945	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6945	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6946	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6946	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6947	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6947	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6948	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6948	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6949	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6949	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6950	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6950	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6951	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6951	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6952	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6952	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6953	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6953	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6954	VALOR FINAL	Sim	-10.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0

LI02A	6954	VALOR FINAL	Sim	-20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6955	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6955	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6956	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6956	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6957	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6957	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6958	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6958	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6959	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6959	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0
LI02	6960	VALOR FINAL	Sim	0.0	10.0	30.0	50.0	80.0	90.0
LI02A	6960	VALOR FINAL	Sim	0.0	20.0	30.0	40.0	50.0	100.0

A.2 Estudo de caso 2

A tabela abaixo apresenta os resultados da avaliação heurística das regras de valoração de peças definidas. Esta tabela refere-se ao segundo estudo de caso visto na seção 4.6. Aqui apenas os resultados dos primeiros 20 tabuleiros avaliados são listados.

Tabela A.2: Resultados da avaliação das regras de valoração de peças

Cjto	Sit.	Regra	Aplic	VHC	VP	VT	VC	VB	VD
OCUPCENTRO01	6931	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6931	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6931	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6931	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6931	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6932	CAVALONOCENTRO	Sim	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
	6932	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
OCUPCENTRO01A	6932	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6932	CAVALONOCENTRO	Sim	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
	6932	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6933	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6933	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6933	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6933	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6933	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6934	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6934	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6934	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6934	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6934	PEAONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6935	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6935	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6935	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6935	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0

OCUPCENTRO01	6935	PEAONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6936	CAVALONOCENTRO	Não	-20.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6936	DAMANOCENTRO	Não	-20.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6936	DAMANOCENTRO	Não	-20.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6936	CAVALONOCENTRO	Não	-20.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6936	PEAONOCENTRO	Não	-20.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6937	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6937	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6937	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6937	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6937	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6938	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6938	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6938	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6938	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6938	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6938	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6939	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6939	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6939	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6939	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6939	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6939	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6940	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6940	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6940	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6940	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6940	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6940	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6941	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6941	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6941	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6941	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6941	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6941	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6942	CAVALONOCENTRO	Sim	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0

OCUPCENTRO01A	6942	DAMANOCENTRO	Não	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
	6942	DAMANOCENTRO	Não	10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6942	CAVALONOCENTRO	Sim	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
	6942	PEAONOCENTRO	Não	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6943	CAVALONOCENTRO	Sim	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
	6943	DAMANOCENTRO	Não	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
OCUPCENTRO01A	6943	DAMANOCENTRO	Não	10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6943	CAVALONOCENTRO	Sim	10.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6943	PEAONOCENTRO	Sim	5.0	5.0	50.0	120.0	50.0	0.0
	6944	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6944	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6944	DAMANOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6944	CAVALONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6944	PEAONOCENTRO	Não	-10.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6945	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6945	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6945	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6945	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6945	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6946	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6946	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6946	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6946	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6946	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01	6947	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6947	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6947	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6947	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6947	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6948	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6948	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6948	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0

OCUPCENTRO01	6948	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6948	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6949	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6949	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
OCUPCENTRO01A	6949	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6949	CAVALONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6949	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6950	CAVALONOCENTRO	Sim	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
OCUPCENTRO01	6950	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	180.0
	6950	DAMANOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	60.0	50.0	90.0
	6950	CAVALONOCENTRO	Sim	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0
	6950	PEAONOCENTRO	Não	0.0	10.0	50.0	120.0	50.0	90.0

BIBLIOGRAFIA

- [1] Shaaron AinsWorth. Deft: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3):183–198, 2006.
- [2] Shaaron Ainsworth e Shirley Grimshaw. Evaluating the redeem authoring tool: Can teachers create effective learning environments? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14:279–312, 2004.
- [3] Shaaron E. Ainsworth, Peter A. Bibby, e David J. Wood. Information technology and multiple representations: new opportunities - new problems. *Information Technology for Teacher Education*, 6(1):93–104, 1997.
- [4] Shaaron Ainsworth e Nicolas Van Labeke. Using a multi-representational design framework to develop and evaluate a dynamic simulation environment. *Anais do Dynamic Information and Visualisation Workshop*, Tuebingen, Julho de 2002.
- [5] Brian P. Bailey e Joseph A. Konstan. Are informal tools better?: comparing demais, pencil and paper, and authorware for early multimedia design. *CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, páginas 313–320, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [6] J. Paulo Valdivieso Borges e Thereza Patrícia Pereira Padilha. Modelagem do processo de aprendizado colaborativo através de redes bayesianas. *Anais do VII Encontro de Estudantes de Informática do Estado do Tocantins*, Palmas, TO, 2005.
- [7] Marcos Augusto F. Borges e M. Cecilia C. Baranauskas. Avaliação heurística participativa do collabss. Laura Sánchez García e Sérgio Roberto P. da Silva, editors, *Anais do VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais - Mediando e Transformando o Cotidiano*, páginas 27–35, 2004.
- [8] Michael Buro, D. Gomboc, e T. Marsland. Tuning evaluation functions by maximizing concordance. *Theoretical Computer Science*, 349(2):202–229, 2005.

- [9] Mark Burton, Paul Brna, e Rachel Pilkington. Clarissa: A laboratory for the modelling of collaboration. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11:79–105, 2000.
- [10] Li-Jie Chang, Jie-Chi Yang, e Fu-Yun Yu. Development and evaluation of multiple competitive activities in a synchronous quiz game system. *Innovations in Education and Teaching International*, 40(1):16–26, January de 2003.
- [11] Li-Jie Chang, Fu-Yun Yu, Y.H. Liu, e Tak-Wai Chan. Learning preferences towards-computerised competitive modes. *Computer Assisted Learning*, 18(3):341–350, January de 2002.
- [12] Chih-Yueh Choua, Tak-Wai Chanb, e Chi-Jen Linc. Redefining the learning companion: the past, present, and future of educational agents. *Computers & Education*, 40(3):255–269, 2003.
- [13] César A. Collazos, Luis A. Guerrero, José A. Pino, Gerry Stahl, e Sergio F. Ochoa. Using games to model and evaluate collaborative learning. *ICLS '04: Proceedings of the 6th international conference on Learning sciences*, páginas 592–592. International Society of the Learning Sciences, 2004.
- [14] Andre Zanki Cordenonsi, Felipe Martins Muller, e Fábio da Purificação de Bastos. O ensino de heurísticas e metaheurísticas na área de pesquisa operacional sob a ótica da educação dialógica problematizadora. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 3(1), 2005.
- [15] Aparecida Francisco da Silva e Helia Matiko Yano Kodama. Jogos no ensino da matemática. *II Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática*, 2004.
- [16] Randall Davis, Howard Shrobe, e Peter Szolovits. What is a knowledge representation? *AI Magazine*, 14(1):17–33, 1993.
- [17] Eveline de Sá, Jeane Teixeira, e Clovis T. Fernandes. Design de atividades de aprendizagem que usam jogos como princípio para cooperação. *Anais do XVII Simpósio*

- Brasileiro de Informática na Educação - SBIE-2007*, páginas 607–616, São Paulo, 2007. Ed. Sociedade Brasileira de Computação.
- [18] Pierre Dillenbourg, Baker M., Agnès Blaye, e Claire O'Malley. The evolution of research on collaborative learning. E. Spada e P. Reiman, editor, *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, páginas 189–211, Oxford, 1996. Elsevier.
- [19] Alexandre Direne, Luis Bona, Fabiano Silva, Gabriel dos Santos, André Guedes, Marcos Castilho, Marcos Sunyé, Celso Hartmann, Pedro de Andrade Neto, Samuel de Mello, Jaime Sunyé Neto, e Wilson Silva. Conceitos e ferramentas de apoio ao ensino de xadrez nas escolas brasileiras. Raimundo Macêdo, editor, *Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: WIE - Workshop sobre Informática na Escola*, páginas 816–825, Salvador, Brasil, Julho de 2004. SBC.
- [20] Alexandre Romolo Moreira Feitosa. Definição formal de táticas de xadrez por meio da autoria incremental de conceitos heurísticos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Setembro de 2006.
- [21] Dinesh Gadwal, Jim E. Greer, e Gordon I. McCalla. Umrao: A chess endgame tutor. *IJCAI*, páginas 1081–1086, 1991.
- [22] Dinesh Gadwal, Jim E. Greer, e Gordon I. McCalla. Tutoring bishop-pawn endgames: An experiment in using knowledge-based chess as a domain for intelligent tutoring. *Applied Intelligence*, 3(3):207–224, 1993.
- [23] Richard Gee e Rob McArthur. Some experiences with cai and natal. *SIGCSE Bull.*, 23(4):61–64, 1991.
- [24] David Godfrey e Jack Brahan. *Computer-Aided Learning Using the Natal Language*. Litdistco, 1984.
- [25] Luis A. Guerrero, Rosa Alarcón, César A. Collazos, José A. Pino, e David A. Fuller. Evaluating cooperation in group work. *CRIWG '00: Proceedings of the 6th Interna-*

- tional Workshop on Groupware*, páginas 28–35, Washington, DC, USA, 2000. IEEE Computer Society.
- [26] Yusuke HAYASHI, Lai JIN, Kazuhisa SETA, Mitsuru IKEDA, e Riichiro MIZOGUCHI. A multiple view authoring tool for modeling training materials. *Procedures of ICCE'99*, páginas 187–190, Chiba, Japan, 1999. ICCE.
- [27] Lai JIN, Weiqin CHEN, Yusuke HAYASHI, Mitsuru IKEDA, e Riichiro MIZOGUCHI. An ontology-aware authoring tool - functional structure and guidance generation. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS*, 2000.
- [28] D. W. Johnson e R. T. Johnson. The impact of cooperative, competitive, and individualistic experiences on minority individuals' educational and career success. Relatório técnico, Defense Technical Information Center OAI-PMH Repository [<http://stinet.dtic.mil/oai/oai>] (United States), 2002.
- [29] David W. Johnson e Roger T. Johnson. *Cooperation and competition: Theory and research*. Interaction Book Company, Edina, MA, 1989.
- [30] David W. Johnson e Roger T. Johnson. *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning*. Allyn e Bacon, Needham Heights, MA, 5ª edição edition, 1998.
- [31] P. E. Jones e G. J. Ritchie. Comparing development tools for multimedia courseware. B. In Black e N. Stanley, editors, *Teaching and Learning in Changing Times. Proceedings of the 7th Annual Teaching Learning Forum*, páginas 142–148, 1998.
- [32] Valerie J.Shute, Lisa A. Torreano, e Ross E. Willis. Exploratory test of an automated knowledge elicitation and organization tool. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10:365–384, 1999.

- [33] Delzuite Martins Ferreira Junior. Modelo de educação à distância com atividades de cooperação e competição. Dissertação de Mestrado, ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2003.
- [34] Eleandro Maschio Krynski e Alexandre Ibrahim Direne. Múltiplas representações externas para o ensino de programação de computadores. *Anais do I Workshop de Ambientes de apoio à aprendizagem de algoritmos e programação do SBIE-2007*), volume 1, páginas 1–8(CDROM), São Paulo, 2007.
- [35] Jean Lave. *Cognition in Practice*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1988.
- [36] N. Major, Shaaron Ainsworth, e D.J. Wood. Redeem: Exploiting symbiosis between psychology and authoring environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8(3-4):317–340, 1997.
- [37] Daniel Martineschen, Alexandre I. Direne, Luis Carlos de Bona, Fabiano Silva, Marcos Castilho, André Guedes, e Marcos Sunyé. Alternância entre competição e colaboração para promover o aprendizado por meio de heurísticas de jogos. Edson Caceres, editor, *Anais do XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: WIE - Workshop sobre Informática na Escola*, páginas 1–10, Campo Grande, Brasil, Julho de 2006. SBC.
- [38] Joanna Lynn McGrenere. Design: Educational multi-player games: A literature review. Dissertação de Mestrado, THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, Columbia, June de 1996.
- [39] Greg Miller e Tom Polito. The effect of cooperative learning team compositions on selected learner outcomes. *Journal of Agricultural Education*, 40(1):66–73, 1999.
- [40] Riichiro Mizoguchi e Jacqueline Bourdeau. Ontological systems in ai-ed research. Relatório Técnico 04, Osaka University, 1999.

- [41] A. Munro, M. C. Johnson, Q. A. Pizzini, D. S. Towne, e J. L. Wogulis. Authoring simulation-centered tutors with rides. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8(3-4):284–316, 1997.
- [42] Tom Murray. Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10(3):98–129, 1999.
- [43] Richard Nance, Robert Moose, e Robert Foutz. A statistical technique for comparing heuristics: an example from capacity assignment strategies in computer network design. *Commun. ACM*, 30(5):430–442, 1987.
- [44] B. John Oommen e Luis. G. Rueda. A formal analisys of why heuristic functions work. *The Artificial Intelligence Journal*, 164:1–22, 2005.
- [45] Thereza Patrícia Pereira Padilha, Leandro Maciel Almeida, e J. Bosco da Mota Alves. Modelagem do desempenho do aprendizado de grupos de alunos utilizando data mining. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Rio de Janeiro, 2003.
- [46] Jean Piaget. *Les études sociologiques*. Droz, Genève, 1965.
- [47] Heather Pon-Barry, Karl Schultz, Elizabeth Owen Bratt, Brady Clark, e Stanley Peters. Responding to student uncertainty in spoken tutorial dialogue systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 16:171–194, 2006.
- [48] Jan Maarten Scharaagen, Susan Chipman, e Valerie Shalin. *Cognitive Task Analysis*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2000.
- [49] Nancy M. Schullery e Stephen E. Schullery. Are heterogeneous or homogeneous groups more beneficial to students? *Journal of Management Education*, 30(4):542–556, 2006.
- [50] Lucy A. Suchman. *Plans and Situated Actions: the problem of human-machine communication*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1987.

- [51] Jeane S. F. Teixeira, Eveline de J. V. Sá, Tatiane M. Prudêncio, Clovis Torres Fernandes, José M. P. Oliveira, Inaldo C. Costa, e D'Iilton M. Silveira. Jetetris cooperativo: Ludicidade, competitividade e cooperação no processo de aprendizagem. Ludensartis, editor, *Anais do Workshop de Jogos Digitais na Educação - XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 10–12. João Ricardo Bittencourt and Esteban Walter Gonzalez Clua, 2005.
- [52] Lev Semionovitch Vygotsky. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1978.
- [53] Etienne Wenger. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communications of Knowledge*. Morgam Kaufmann Publishers, 1987.
- [54] Jon I. Young e Gerald A. Knezek. Authoring tools. *Comput. Sch.*, 6(3-4):165–173, 1989.